Strukturveränderungen des Haares nach Heißwelle, Kaltwelle und Färbung

Ute Troebs

1962

Aus der Dermatologischen Klinik und Poliklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. A. Marchionini

STRUKTURVERÄNDERUNGEN DES HAARES NACH HEISSWELLE, KALTWELLE UND FÄRBUNG

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt
von
Ute Troebs
aus
Straubing

1962

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Dr. Dr. S. Borelli
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. A. Marchionini
Dekan:	Prof. Dr. W. Seitz

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Januar 1962

Uni-Druck München 13 Amalienstraße 85

IN DANKBARKEIT
MEINER MUTTER!

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
HAUPTTEIL	6
A. Das Haar als strukturelle Einheit mit spezifischen, meßbaren Eigenschaften	6
1. Die Struktur des Haares - eine Begriffsabklärung	6
a) makroskopische	6
b) mikroskopisch-histologische	6
c) submikroskopische Struktur	6
2. Der Bau des Haares	6
a) Bereich der Haarwurzel	6
Wurzelscheiden	7
Haarboden	7
b) Haarschaft	8
Cuticula und Epicuticula	9
Zwischenmembran	9
Cortex	9
Medulla	10
c) Haarspitze	10
3. Die Chemie des Haares als Faserprotein	10
Zusammensetzung und Elementaranalyse	11
Keratinstrukturmodell	11
Bindungen im Keratin	12
4. Die wichtigsten Eigenschaften des Haares	13
Glanz	13
Festigkeitseigenschaften	14
Hygroskopizität und Quellung	14

Seite

5. Die diagnostischen Möglichkeiten zur Beurteilung des Haares 15

a) Optische Untersuchungsmethoden 15
b) Physikalische Meßmethoden 16
c) Chemische Meßmethoden 19

B. Die Dauerverformung des Haares 21

Gefordertes Ergebnis 21
Gebräuchlichste Markenpräparate 21
Bedingungen zur Erzielung eines einwandfreien Ergebnisses 22

I. Die Heißwelle und ihre grundsätzliche Wirkung auf das Haar 22

a) Bei Beachtung aller Bedingungen zur Erzielung eines einwandfreien Ergebnisses 22

1. Arbeitsgang 22
2. Chemismus der Heißwelle 23
3. Veränderungen der Festigkeitseigenschaften 24

b) Die Heißwelle als Ursache von Haarschädigungen 24

1. Haarqualität als Disposition zur Schädigung 24
2. Mechanische, thermische und chemische Schädigungen 25
3. Untersuchungsergebnisse des durch Heißwellung geschädigten Haares 26

II. Die Kaltwelle und ihre grundsätzliche Wirkung auf das Haar

a) Bei Beachtung aller Bedingungen zur Erzielung eines einwandfreien Ergebnisses 31

1. Allgemeine Forderungen und Bestimmungen 32
2. Arbeitsgang 33
3. Chemismus der Kaltwelle 36
4. Untersuchungsergebnisse 37

Seite

b) Die Kaltwelle als Ursache von Haarschädigungen 38

1. Haarqualität als Disposition zur Schädigung 38
2. Mechanische, chemische, thermische Schädigungen 38
3. Untersuchungsergebnisse des durch Kaltwellung geschädigten Haares 39

C. Die Färbung des Haares 42

Anforderungen und Einteilung der Färbemittel 43

I. Die Pflanzen- und Metallhaarfarben 43

II. Die chemisch-synthetischen Farbstoffe 45

1. Azo-Farbstoffe 45
2. Oxydationsfarbstoffe und ihre Wirkungsweise 45

a) Bei sachgerechter Anwendung
Konsistenzformen 45
Grundstoffe der Färbe- und Tönungsmittel 45
Arbeitsgang der Färbung 46
Chemismus der Oxydationsfärbung 47
Untersuchungsergebnisse 49
b) Schädigungen des Haares durch die Färbung 49
Strukturelle Unterschiede des Haares als Schädigungsposition 49
Chemische Schädigungen 49
Untersuchungsergebnisse 50

III. Die Bleichmittel und ihre Wirkung 50

a) Bei sachgerechter Anwendung 50
Zusammensetzung der Präparate 50
Wirkung auf das Haar 50
Untersuchungsergebnisse 51
b) Schädigungen durch Bleichmittel 51

ZUSAMMENFASSUNG 52

LITERATURVERZEICHNIS 54

BILDANHANG

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546824_0086

EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Geschichte der dekorativen Kosmetik und in deren Rahmen der Haarbehandlung läßt sich bis in die graue Vorzeit zurückverfolgen. Dem Wunsche des Menschen nach kosmetischen Korrekturen liegen die verschiedenartigsten Tendenzen zu Grunde, die letzten Endes alle die Erfüllung ästhetischen Empfindens anstreben.

Jede Veränderung des Erscheinungsbildes, mag sie noch so gering erscheinen, kann zu seelischen und psychischen Reaktionen führen, deren Stärke von dem persönlichen ästhetischen Empfinden des Betreffenden abhängt (ETTL, 27).

Waren es im Altertum Beziehungen zur Mythologie, zum Dämonenglauben oder ein besonders stark entwickelter Schönheitskult, die den Menschen veranlaßten, besonderes Augenmerk auf die Pflege und Erhaltung eines schönen und gesunden Haupthaares zu legen (SCHÖNBERGER, 98), so sind es heute neben den ideellen Werten vor allem Verpflichtungen des sozialen Lebens, welche in vielen Formen beruflicher Tätigkeit (Angehörige des Theater-, Film-, Fernsehberufs, der Mode- und Vergnügungsindustrie) die Steigerung der persönlichen Wirkung mit Hilfe der dekorativen Kosmetik (Betonung der Jugendlichkeit, Werbung, Reklame) erfordern.

Es ist aus den Umsatzziffern der kosmetischen Industrie zu ersehen, wie groß diese Werte angesetzt werden können.

Somit ist also die Bedeutung der Haarverformung, Farbänderung, Pflege und Erhaltung des Haares unbestritten durch die Geschichte der Kulturstaaten nachweisbar; die Hilfsmittel und Methoden zur Erzielung der jeweils gewünschten Effekte änderten sich analog den Fortschritten der wissenschaftlichen Forschung und der industriellen Weiterentwicklung.

Die Ägypterin kräuselte ihr Haar durch Aufwickeln von schmalen Strähnen um Stäbchen aus Ton (ZÖTTL, 129) unter Zuhilfenahme von feuchtem Schlamm und Wärme - in der modernen Friseurtechnik ist die Grundlage der Haarkrause die Dauerwelle in Form der Heiß- und Kaltwelle, welche wie die Damenkurzhaarmode (das "Bobhair") nach 1920 von Amerika aus ihren Siegeszug antrat und in Deutschland und anderen Ländern allgemein üblich wurde.

Erfinder der Heißwelle ist der Schwarzwälder Friseurmeister Karl Neßler (1872 - 1951); es gelang ihm, die von dem Franzosen Nardin 1827/28 entdeckte Möglichkeit, Perückenhaar durch straffes Wickeln und Kochen in alkalischer Lösung zu krausen (NIEDERLÜCKE, 76), unter physiologischer Abwandlung der Versuchsbedingungen zum direkten Arbeiten am Kopf des Kunden im Friseursalon auszuweiten.

Die ersten Versuche bestanden darin, eine mit Borax getränkte Haarsträhne spiralförmig auf einen Stab zu wickeln und mit einer Heizzange zu kochen (KNÖSS, 68).

1906 führte Neßler seine Erfindung zum erstenmal (in London) vor und vergab Lizenzen zur Herstellung der Nestle-Dauerwelle an andere Friseure. Die bis 1908 benutzten vorgeheizten Zangen wurden durch elektrische Apparate ersetzt; um 1908 zeigte Neßler seine Erfindung erstmalig in Deutschland, stieß aber in deutschen Friseurkreisen auf wenig Interesse (KNÖSS, 67), daher ging er wieder nach England und später nach Amerika (1914); hier verbesserte er sein Verfahren und gründete in New York eine Fabrik zur Herstellung von Dauerwellapparaten (Firma Charles Nestle) und verhalf der Dauerwelle in Amerika zu einem ungeahnten Siegeszug; in Deutschland fand sie erst nach Beendigung des 1. Weltkrieges Eingang und wurde dann als angeblich amerikanische Neuheit begeistert aufgenommen. Die Prozedur dauerte damals etwa 5 Stunden (KNÖSS, 68).

Neue Verbesserungen ließen ein Dauerwellsystem nach dem anderen auf dem Markt erscheinen, eine bedeutende Neuerung brachte die von Joseph Mayer (1881 - 1951) - einem deutschen Friseurmeister aus Karlsbad - erfundene, noch heute übliche, praktische Flachwicklung, welche die bis dahin übliche Hoch- oder Spiralwicklung ablöste.

In der Industrie der Friseurbedarfsartikel beansprucht heute das meiste Interesse die Kaltwelle (und damit auch die Lau-, Mild- oder Thermwelle) auf Basis von Merkaptanen oder Thioverbindungen BÖSS, 9).

Das grundlegende Patent für die Verwendung von Merkaptanverbindungen besitzt die US-Firma Sales Affiliates Inc., New York, es wurde am 16. 6. 1941 in den USA hinterlegt und am 19. 8. 1949 erteilt. Erfinder dieser PA ist Everett G. Mc. Donough.

In Deutschland wurde obiges Patent erst 1951 angemeldet und 1956 erteilt.

Besagte Patentanmeldung zog eine Reihe von Prozessen nach sich (ARNOLD, 1), da schon geraume Zeit vor dem 2. Weltkrieg im angelsächsischen Bereich Speakman und Pye mit Lösungen von Sulfiten und Thiosalzen den Weg von der Heißwelle zur Kaltwelle eingeschlagen hatten, während sich im deutschen Patentraum Keil zur selben Zeit in der gleichen Richtung bewegte. Die erste Patentanmeldung in Deutschland erfolgte 1934/35.

Kaltwellpräparate, die nicht auf Merkaptan-Basis aufbauten, gab es in Amerika schon seit 1928 (NIEDERLÜCKE, 76), die erste "Deutsche Kaltwelle" wurde infolge der Kriegsereignisse erst 1947 von der Firma für Haarkosmetik, Hans Schwarzkopf, anläßlich einer Friseurgroßveranstaltung vorgeführt und auf den Markt gebracht (KNÖSS, 68).

Trotz der Bestrebungen, die Thioglykolsäure und ihre Salze durch andere geeignete Chemikalien zu ersetzen, hat sie in der Form des Ammoniumsalzes ihre Vorrangstellung zur Erzielung der Kaltwelle bis heute gehalten.

Wie die ersten Bemühungen um Haarkräuselung uns von den Ägyptern übermittelt sind, stammen die ältesten Rezepte für Haarfärbemittel aus jener Zeit (NIEDERLÜCKE, 76), in welcher die Haarfärbung mit Henna und Reng zu den Gepflogenheiten der Schönheitspflege gehörte (GOHRBRANDT, 46).

Die alten Israeliten übernahmen ohne Zweifel ihre Schönheitskunst von den Ägyptern, eine große Menge von Beweisen können wir der Bibel entnehmen (von Augenschminke, Haarfärbemitteln und anderem ist hier die Rede).

Bei den Griechen gab es bereits richtige Lehrbücher der Kosmetik oder Ästhetik, bereits Hippokrates hat sich mit diesem Gebiet ausführlich befaßt; Dioskurides und später Kriton stellten alle bis dahin bekannten Schönheitsmittel in einem Buche zusammen, u. a. Rezepte zum Bleichen von Haaren und Hellerfärben mit Safran.

Aus der römischen Zeit berichten Ovid, Plinius und Martial über kosmetische Vorschriften; neben Pflanzenfarben (Henna, Reng, Nuß-Schalen) wurden Metallsalze (Pb und Cu) (NIEDERLÜCKE, 76) zur Haarfärbung und die aus Germanien eingeführte Seifenpomade als Blondiermittel benützt (ZÖTTL, 129).

Bei den Germanen wurde dunkles Haar hell- oder rotblond gebleicht, dazu verwendeten sie eine Mischung aus Talg, Buchenasche, Kalk und Zinnober (KNÖSS, 67).

In den Lehrbüchern der Kosmetik aus dem Mittelalter findet man zahlreiche Vorschriften für Haarfärbemittel, die teilweise ebenso seltsam und phantastisch sind, wie die damaligen Arzneimittel.

Erst nach 1850 wurde die Haarfärbekunst aus einem bisher allein auf praktische Erfahrung gestützten Brauch zu einer wissenschaftlich fundierten Maßnahme des Fachmannes.

Über die erwähnten Pflanzen-, Metallsalzfarben und Kombinationen der beiden kam man zu den Oxydationsfarben, deren Aufkommen mit der Verwendung des p-Phenylendiamins zur Haarfärbung eine umwälzende Neuerung brachte. Das p-Phenylendiamin wurde 1861 von dem Chemiker Hofmann entdeckt und galt als wertvoller Pelzfarbstoff (KNÖSS, 68).

Bezüglich der Schädlichkeit bzw. Unschädlichkeit des Haarfarbenrohstoffes p-Phenylendiamin ist die Gesetzgebung sehr uneinheitlich (BÖSS, 6), so wurde in Deutschland das p-Phenylendiamin 1906 wegen schwerer Reiz- und Vergiftungserscheinungen des menschlichen Körpers verboten und dem öffentlichen Handel entzogen, in Frankreich erst in jüngster Zeit.

Die Oxydationsfarbstoffe sind die Haarfärbemittel, welche heute zur Haarfärbung fast ausschließlich verwendet werden; "die Oxydationsfärbung ist heute als das beste Färbeverfahren zu betrachten und bietet der Forschung noch viele Möglichkeiten" (COOK, 16).

Im Rahmen der Suche nach anderen chemisch-synthetischen Haarfärbemitteln, die nichts mit Oxydation zu tun haben, wurden namentlich Azo-Farben ausprobiert (Farben vom "sulfonated azo type"); die Versuche auf diesem Gebiet haben noch nicht zu einem Enderfolg geführt und gehen noch an verschiedenen Stellen weiter (SCHWEISHEIMER, 102); medizinische Sachverständige halten sie für harmloser als andere organische Haarfärbemittel.

Nach diesem kurzen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Haarverformung und der Haarfärbung sei nun auf die Probleme hingewiesen, welche sich aus diesen Haarbehandlungsmethoden ergeben.

Das Haar stellt morphologisch und chemisch-strukturell ein höchst empfindliches biologisches Produkt dar (FREYTAG, 34), das im Verlaufe der verschiedenen Prozesse der Haarfärbung und Dauerverformung bestimmten Veränderungen unterworfen ist, welche im Hinblick auf die Notwendig-

keit der Pflege und Erhaltung des Haares und seiner Qualität ein bestimmtes Maß nicht überschreiten sollen. "Haarbehandlungsmittel sind aber nur dann von pflegender Nebenwirkung, wenn sie das erwünschte Ziel mit einem Minimum an beherrschbaren chemischen Umsetzungen erreichen lassen" (FREYTAG, 32).

Die aufblühende kosmetische Industrie brachte eine Anzahl von Chemikalien auf den Markt, die einerseits nicht alle den an sie gestellten Forderungen entsprechen, andererseits bedeutet die Verwendung auch von einwandfreien Markenpräparaten bei fehlerhafter oder - hinsichtlich der vorliegenden Haarqualität - unzweckmäßiger Anwendung, eine Herabsetzung der Qualität des Haares, die sich bis zur ausgeprägten Haarschädigung steigern kann.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, diese Probleme und ihre Ursachen aufzuzeigen - von den minimal notwendigen Veränderungen des kosmetisch behandelten Haares (sei es durch Dauerwelle oder Färbung) angefangen - über die Schädigungen mäßigen bis zu denen schwereren Grades, welche im Verlaufe und als Folgen einer Haarbehandlung möglich sind. All diese Schäden lassen sich heute dem Begriff der Zivilisationsschäden zuordnen. Jede Änderung der Qualität ergibt natürlich eine meßbare Veränderung der Eigenschaften des Haares. Um eine Relation zum gesunden, unbehandelten Haar zu bekommen, wird dem Hauptteil dieser Arbeit eine Einführung mit Begriffsklärungen zur Struktur des unbehandelten Haares und dessen wichtigsten Eigenschaften (physikalische und chemische) vorangestellt. Im Anschluß daran folgen die wichtigsten Methoden zur Erfassung von Haarveränderungen und Schädigungen, welche entsprechend deren Schweregrad und Lokalisation variieren.

HAUPTTEIL

A. DAS HAAR ALS STRUKTURELLE EINHEIT MIT SPEZIFISCHEN, MESSBAREN EIGENSCHAFTEN

1. Die Struktur des Haares - eine Begriffsabklärung

Über den Begriff der Struktur des Haares herrschen verschiedene Ansichten, welche je nach Standpunkt und mehr oder weniger den feinchemischen Bau des Haares erleuchtende Betrachtungsweise variieren und sich ergänzen; so versteht man in Friseurkreisen darunter die mit dem bloßen Auge, also makroskopisch erfaßbaren Gegebenheiten, der Anatom versteht darunter den mikroskopischen Bau und der Chemiker schließlich setzt mit "Struktur" die submikroskopische oder chemische Zusammensetzung des Haares gleich (HIRSCH, 60).

Es zeichnen sich somit 3 Strukturniveaus ab, deren Einheit die Ganzheit des Haares, seine Gesamtstruktur gewährleisten.

2. Der Bau des Haares im Bereich der Wurzel, des Schaftes und der Haarspitze

Das Haar (pilus) läßt sich bei Betrachtung der makroskopischen Gegebenheiten der Länge nach unterteilen in die in der Haut steckende Haarwurzel mit den Wurzelscheiden, den aus der Haut ragenden Haarschaft und die Haarspitze.

Histologisch läßt das Haar seinen Aufbau aus 3 Hauptschichten erkennen: dem äußeren Mantel des Haaroberhäutchens, der Rindenschicht und dem zentralen Markkanal.

a) Bereich der Haarwurzel

Die Haarwurzel (radix pili) wird durch die Haarpapille und die Haarzwiebel (bulbus) verkörpert, diese beiden stellen den Haarboden dar; von der Papille aus erfolgt die Ernährung, die Haarzwiebel stellt mit den der Haarpapille unmittelbar aufsitzenden Zellen die Matrix des Haares dar (WALLRAFF, 114).

Die Haarwurzel wird umschlossen von der epithelialen Haarscheide und der bindegewebigen Haarscheide:

Die epitheliale Haarscheide wird in eine innere und äußere Wurzelscheide gegliedert.

Die innere Wurzelscheide hat folgende 3 Schichten:
Die Scheidencuticula (Cuticula vaginae), welche die Haarcuticula umgibt. Die Epithelzellen dieses Häutchens bilden wie die Haarcuticulazellen eine Lage und ergeben eine Verzahnung mit diesen, da die Zellen der beiden sich in gleicher Weise dachziegelartig aufschichten und in entgegengesetzter Richtung orientiert sind.
Die Huxley'sche Schicht folgt als die zweite Schicht, aufgebaut aus ein bis drei Lagen polygonaler Epithelzellen.
Darauf folgt die Henle'sche Schicht, als äußerste Schicht der epithelialen Haarscheide.

Die drei Schichten der inneren Wurzelscheide entstehen wie das Haar aus der Haarzwiebel, verhornen auch, ohne sich am Aufbau des Haares selbst zu beteiligen.

Die äußere Wurzelscheide wird von der Epidermis der Körperhaut gebildet, welche - sich in die Leder- und Unterhaut einsenkend - den Haarschaft umschließt; nach Verlust ihres Stratum corneum verschmilzt diese mit der Haarzwiebel.

Die bindegewebige Haarscheide schließt sich der epithelialen nach außen zu an, sie ist ein Abkömmling des Coriums, bestehend aus einer inneren Ringfaserschicht und einer äußeren Längsfaserschicht von kollagenen Bindegewebszügen; diese grenzen an die Basalmembran (Glashaut) der Epithelscheide an.

Der Haarboden wird von der ernährenden Haarpapille und der Haarzwiebel verkörpert.
Der Bulbus, welcher der Papille glockenförmig aufsitzt, stellt in den sich unmittelbar über der Papille auftürmenden Zellen die Matrix des Haares dar; hier erfolgt eine lebhafte Vermehrung der Epithelzellen, diese werden mit zunehmender Alterung peripherwärts geschoben, verhornen allmählich und lassen den sogenannten Haarkegel entstehen, durch ständiges Nachrücken neuer Zellen verlängert er sich zum Haar, das im Bulbusbereich noch weich ist.

Die äußerste Haarschicht, die Cuticula, entsteht aus dem Halsteil der Papille (wie auch die innere Wurzelscheide) als einfache Lage kubischer bis zylindrischer Zellen zwischen der Cuticula vaginae der inneren Wurzelscheide und der pigmentierten Rindenschicht; die Ränder der Cuticulaschuppen greifen - wie schon erwähnt - in die in entgegengesetzter Richtung orientierten Ränder der Cuticula vaginae ein, daraus ergibt sich eine Sicherung des Haares gegenüber von außen kommenden mechanischen Insulten (Zugwirkung auf den Haarschaft) und eine Stabilisierung des Haares an seinem Standort (DANFORTH, 21). Die in diesen Bereichen des Follikels entsprechend der Haarkrümmung gebogenen Zellen der Cuticula verhornen allmählich, werden kernlos und farblos transparent und richten sich weiter oben mehr und mehr auf.

Der Hauptteil des Haares gehört der Haarrinde an, deren Zellen aus den seitlichen Anteilen der Papille entstehen. Die zunächst ovalen, im Wurzelbereich besonders stark pigmentierten Zellen, werden im Follikel aufwärts geschoben und nehmen dann ihre typische spindelförmige Gestalt an (HIRSCH, 58); mit zunehmender Entfernung vom Bulbus unterliegen die Zellen einem Verhornungsprozeß, in dessen Verlauf die Kerne verlöschen.

Das Haarmark (Medulla) entwickelt sich auf der Papillenspitze zur Form einer einfachen, senkrecht übereinander gelagerten Reihe aus großen, polygonalen Zellen, die im Anfangsteil des Haares außer einem runden Kern Keratohyalinkugeln und Glykogen enthalten (HIRSCH, 58); die Zell-Leiber stehen in lockerem Zusammenhang und sind meist pigmentfrei. Die Medulla kann fehlen, in dünnen Haaren fehlt sie regelmäßig (WALLRAFF, 114).

b) Der Bereich des Haarschaftes

Die Cuticula besteht aus transparenten Hornschüppchen, deren freie Ränder auf der Cortexfläche der Cuticulazelle feingezähnelte Linien bilden, dadurch entsteht die sogenannte "Oberflächenzeichnung" des Haares (FRIEDERICH, 35). Sie liegen dachziegelartig in zwei bis sieben Lagen übereinander und sind mit ihren Spitzen in charakteristischer Weise zur Haarspitze hin orientiert. Die durch die freien Ränder gegebene Zähnelung ist mit zunehmendem Alter des Haares eine ausgeprägtere (LOCHTE, 70); das wird mit mechanischen und chemischen Schädigungen der Plättchen erklärt. Die Anordnung der Schuppen ist derart, daß nur ein Viertel

ihrer Oberfläche sichtbar ist (FRIEDERICH, 35); die einzelne Schuppe umgreift den Haarschaft nicht vollständig, ihre Breite beträgt etwa 10 - 110 mμ (BRAUCKHOFF, 12); der Abstand zwischen den einzelnen Cuticulasäumen liegt zwischen 0,05 - 0,0013 μ (LOCHTE, 71), an ein- und demselben Haar finden sich also weitere und engere Cuticulasäume.

Die Schuppenzellen stellen heterogene Gebilde mit dicken seitlichen Wülsten, Poren, Längsspalten, Erhebungen und Tälern in der Schuppendecke dar, diese Tatsache wurde von ZAHN (127) durch Untersuchungen an Wolle ermittelt und läßt auf die Durchlässigkeit dieser Schicht schließen.

Die Epicuticula ist ein sehr dünnes, empfindliches Häutchen, das gewöhnlich nur in nächster Nähe der Kopfhaut, also bei frisch gewachsenem Haar zu finden ist. Sie wurde durch ZAHN und unabhängig von ihm durch HASELMANN (52) im Phasenmikroskop sichtbar gemacht; es handelt sich um zusammengerollte Membranen, die kürzer als die Schuppen sind (FRIEDERICH, 35); "das bedeutet, daß sie auf die einzelnen Schuppen beschränkt gewissermaßen die Cuticula der einzelnen Zelle darstellt."

Die Zwischenmembran liegt zwischen Cuticula und der Cortex als schlauchartiges, 0,01 μ dünnes Häutchen, auch Reumuth'sche Membran genannt.

Die Cortex (Rinden- oder Faserschicht) bildet den Hauptbestandteil des Haares und liegt geschützt unter dem Schutzmantel der Cuticula und Zwischenmembran. Die wichtigsten mechanischen und chemischen Eigenschaften des Haares sind an den Zustand der Cortex gebunden. Sie besteht aus länglichen, spindelförmigen verhornten Zellen, welche untereinander durch eine intercelluläre, amorphe Kittsubstanz aus Hyalin zusammengehalten werden (ELÖD und ZAHN, 25). Die parallel nebeneinander liegenden Zellen sind 90 - 120 μ lang und 3 - 7 μ dick (HIRSCH, 58); sie enthalten die Haarpigmente eingelagert sowie Hohlräume. Nach ZAHN (126), welcher die Verhältnisse an Wolle studiert hat, bestehen die ca. 100 μ langen und 6 μ breiten Cortexzellen aus Fibrillen mit einer Breite von 1000 - 3000 Å, welche wiederum aus 100 - 400 Å breiten und 10 000 Å langen Mikrofibrillen aufgebaut sind. Diese liegen in annähernd hexagonaler Packung und sind unvollkommene (hexagonale und besonders monokline) Kristalle (FRASER, Mc RAE und ROGERS, 30).

Die Medulla des Haares, der zentrale Markstrang, durchzieht den Haarschaft in der Längsrichtung, und zwar entweder stückweise oder ununterbrochen. Er wird durch Reihen von abgeflachten Epithelzellen gebildet, die eventuell geringe Mengen von Pigment, mit Gas - wahrscheinlich Luft - gefüllte Hohlräume führen. Diese Luftansammlung findet sich nach LOCHTE (71) entweder intrazellulär (besonders beim Tier) oder interzellulär (z. B. beim Hund und der Ratte). Die Kerne der Zellen sind viel weiter in Richtung zur Haarspitze hin färberisch darstellbar als die der Cortex (FRIEDERICH, 35); das Mark soll zystinfrei sein und Lipoprotide enthalten (STOVES, 108). Die Dicke des Markstranges variiert analog der Dicke der untersuchten Haare, bei dünnen Haaren fehlt er. HAUSMAN (53) stellte bei der Untersuchung von 122 Haaren verschiedener Menschenrassen bei einer Haardicke von 165 µ 44mal kein Mark, bei einer Haardicke von 80 - 85 µ 36mal wenig bis stückweise Mark und bei einer Haardicke von 90 - 100 µ 16mal fragmentiertes bzw. unterbrochenes Haarmark fest.

Die Querschnittsform des Haarschaftes ist in den meisten Fällen oval, daneben gibt es Haare mit rundem, dreieckigem oder nierenförmigem Querschnitt, extrem flachovales Haar nennt man Bandhaar.

c) In die Haarspitze läuft das Haar aus.

Die Haarspitzen sind besonders empfindlich gegenüber allen Eingriffen. Das ist sowohl eine Folge ihrer Feinheit, als auch der Tatsache, daß sie zystinärmer als das übrige Haar sind (TADOKARA, 109); ein weiterer Faktor hinsichtlich der Empfindlichkeit ist die sich beim Schneiden des Haares ergebende Verletzung der Schnittfläche; diese rundet sich erst nach einigen Wochen wieder ab (HIRSCH, 58). In den meisten Haarspitzen fehlt die Medulla.

3. Die Chemie des Haares

Der wesentliche Bestandteil des Haares ist die Hornsubstanz, welche das Haar, eine native Keratinfaser, der Gruppe der Faserproteine zuordnen läßt. Zwischen den Hornteilchen findet sich in physikalischer Bindung (als Emulsion) Fett (etwa 3 - 6%) und Wasser (etwa 12 - 15%), welche das Trocken- und Sprödewerden der Verkittung verhindern (HALLA und FRIEDERICH, 42 und 49).

Die Elementaranalyse des Haares ergibt an Bestandteilen C, H, N, S, O und Spuren anderer Elemente, darunter vor allem Fe, Cu, Pb, Zn, Ag, Sn, Al. Nach DANFORTH (20) finden sich im Haar:

42,99 - 44,45 %	C
15,70 - 16,58 %	N
5,91 - 6,53 %	H
4,82 - 5,00 %	S

Die chemische Struktur des Keratins

Das Keratin gehört mit Fibroin, Kollagen und Myosin zur Klasse der Faserproteine, in welchen die sichtbaren Fasern aus Fibrillen und diese aus Polypeptidketten aufgebaut werden (PAULING, COREY und BRANSON, 82); eine Anzahl von Aminosäuren ergeben diese Polypeptidketten; charakteristisch ist der hohe Gehalt an Zystin, der mit für die außergewöhnlich große Stabilität des Keratins verantwortlich gemacht wird.

"Daß die Eigenschaften einer chemischen Verbindung durch die Molekularstruktur determiniert sind, und daß sie die Art der Verknüpfung der Atome innerhalb der Molekel widerspiegeln, wurde 1861 von Butlerow deutlich ausgesprochen, von ihm stammt der Ausdruck 'chemische Struktur' " (PAULING, 97).

Die Fortschritte der Strukturchemie ermöglichten es, mit Hilfe röntgenographischer Untersuchungen den molekularen Feinbau des Keratins aufzuklären.

Dem Untersuchungsprinzip liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Art der Beugung von Strahlen bekannter Qualität beim Auftreffen auf die Molekülgitter des Haares ganz bestimmte Rückschlüsse auf die Struktur desselben erlaubt. Die kurzwelligen Röntgenstrahlen ergeben hierbei Interferenzbilder, welche auf geeignete photographische Platten aufgenommen werden und so die Abstände der Molekülketten voneinander und ihre Orientierung erschließen (BRAUCKHOFF, 11). Mit dieser Methode hat Astbury seine ersten Keratin-Struktur-Modelle entwickelt, Speakman gelang es später, mit Hilfe der von ihm eingeführten "Mechanochemie", diese Modelle zu verbessern (HIRSCH, 60).

Das Röntgenogramm der genannten Faserproteine zeigt einen Meridianreflex entsprechend 5,1 Å und zwei Äquatorreflexe entsprechend 9,8 und

27 Å. Dieses Röntgenogramm nennt man α-Keratin. Das neueste Keratinmodell stammt von PAULING, COREY und BRANSON (10, 17, 18, 19, 80, 81, 82), an dessen Richtigkeit kein Zweifel mehr bestehen kann (ZAHN, 124); es wurde ebenfalls durch röntgenographische Untersuchungen ermittelt; der 5,1 Å-Meridianreflex entspricht einem Winkel maximaler Streuung der Schraubenkette (Abbildung 1). Die Polypeptidkette ordnet sich schraubenförmig an, sie bildet eine sogenannte Helix mit einem Gang von 5,55 Å und einem Steigungswinkel von 26°. Auf einen Gang der Helix (Schraube) entfallen ungefähr 3,7 Aminosäure-Bausteine, also etwa 18 Bausteine auf 5 Gänge. Jeder Aminosäure-Rest ist mit einem dritten entlang der Kette durch intrachenare H-Brücken verbunden. Die Achse dieser Helix liegt in Längsrichtung der Faser. Bei den Faserproteinen des Haares, Hornes, der Nägel und Muskeln sind die Polypeptidketten, die alle die Konfiguration der α-Helix besitzen, wie bei einem Seil oder Kabel umeinander geschlagen. Diese Schraubenstruktur konnte HIRSCH unabhängig von den amerikanischen Arbeiten durch seine Rotationsversuche erhärten (58).

Die Bindungen im Keratin

Zwischen den einzelnen Aminosäuren der Polypeptid-Längsketten liegen die Peptidbindungen.

Die Polypeptidketten weisen verschiedenartig ausgebildete Seitenketten auf, die außen an der Helix hängen, radial zu deren Achse; durch Vereinigung solcher Seitenarme der einen Längskette mit Seitenarmen der danebenliegenden Längskette ergibt sich eine Verankerung zwischen den Hauptvalenzketten, die sogenannte Brückenbindung.

Als Querbrücken fungieren einerseits Salzbindungen zwischen sauren und basischen Endgruppen der Seitenketten und andererseits die Disulfidbindungen des Zystins, welches gleichzeitig in den zwei an der Brückenbildung beteiligten Hauptvalenzketten peptidartig gebunden ist.

Daneben gibt es noch die sogenannten Wasserstoff-Brücken; jeder Baustein der Helix ist mit anderen Bausteinen im vorhergehenden und im folgenden Gang der Helix durch Wasserstoffbrücken zwischen den N-H-Gruppen und den Sauerstoffatomen der C=O-Gruppen verbunden (PAULING, 83).

4. Die wichtigsten Eigenschaften des Haares

Zwischen den Eigenschaften und der Struktur des Haares bestehen enge Beziehungen. Aus allen eingreifenden Maßnahmen am Haar, wie sie Dauerwelle und Färbung darstellen, ergeben sich Veränderungen dieser Faktoren, deren Erfassung mit Hilfe verschiedener Untersuchungsmethoden gelingt. Man bedient sich optischer, mechanischer und chemischer Methoden.

Der Glanz und die Farbe des Haares

Der Glanz hat wesentliche Bedeutung für die Qualitätsbeurteilung des Haares und wird weitgehend von der Cuticula bestimmt. Der Glanz hängt davon ab, in welcher Weise die Reflexion des Lichtes an der Haaroberfläche erfolgt. Folgende Faktoren sind maßgeblich (BRAUCKHOFF, 11):

1) die Stellung der Oberfläche zum Beschauer
2) die Beschaffenheit der Oberfläche
3) die Beschaffenheit der darunter gelegenen Schichten
4) die Einfallsrichtung des Lichtes.

Man unterscheidet den Silber- oder Edelglanz, den Seidenglanz und schließlich den Glas- und Porzellanglanz.

Haar von guter Qualität mit unbeschädigten, dem Schaft anliegenden Cuticulazellen über einer möglichst festen Cortex liefern den "normalen" guten Silber- und Seidenglanz.

Die Farbe des Haares wird durch die in der Cortex, zum Teil auch im Mark enthaltenen Pigmente bedingt. Durch Einlagerung von Luftblasen und durch den Glanz des Haares wird der Farbeffekt verändert. Die Haarfarbstoffe, die Melanine, entstehen aus dem Chromogen Dopa unter Wirkung eines Oxydationsfermentes, der Tyrosinase.

Die physikalischen Eigenschaften des Haares, besonders Elastizität, Festigkeit und Bruchdehnung sind wesentlich vom jeweiligen Zustand der Cortex abhängig, deshalb sei auf genauere Einzelheiten in den entsprechenden Kapiteln über die Dauerwelle und Färbung eingegangen.

Das Haar ist stark und fest, biegsam und elastisch (OESTERLEN, 78).

Die Elastizität und Plastizität des Haares

Elastizität ist die bekannteste mechanische Eigenschaft eines Körpers. Sie stellt die Kräfte dar, welche einer deformierenden Kraft entgegenwirken, um diese schließlich aufzuheben. Bis zu einem bestimmten Dehnungsgrad ist das Haar vollkommen elastisch; bei Überschreiten der entsprechenden Lasten ergibt sich eine bleibende Verzerrung, die auch nach Aufhören der Belastung nicht reversibel ist; diese Eigenschaft eines Körpers bezeichnet man als "Plastizutät".

Die Festigkeitseigenschaften des Haares

Die Bruchdehnung und Reißfestigkeit sind für die Beurteilung der Haarqualität von besonders großer Bedeutung.

Unter Bruchdehnung versteht man den Betrag in % der Anfangslänge, um den das Haar gedehnt werden kann, bis es reißt.

Die Reißfestigkeit gibt die Belastung in Gramm wieder, die erforderlich ist, um das Haar zu zerreißen. Sie steigt proportional dem Querschnitt des Haares an und zeigt im Hinblick auf die physiologischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Haaren starke Schwankungen (FRIEDERICH, 37). Mit steigender Feuchte nimmt die Bruchdehnung zu, die Reißfestigkeit dagegen ab (BRAUCKHOFF, 11).

Die Torsionsfestigkeit des Haares ergibt sich bei Beanspruchung des Haares auf Drillung, Rotation um seine Längsachse.

Die Wurzelfestigkeit des Haares

Unter Wurzelfestigkeit versteht man die Belastung in Gramm, welche erforderlich ist, um das Haar, den geschlossenen Haarschaft, aus dem Follikel zu ziehen; sie ist geringer als die Reißfestigkeit des Schaftes, und zwar beträgt sie nur etwa 30% derselben. Beim Europäer liegt sie bei durchschnittlich 30 g, beim Chinesen bei 45 bis 50 g.

Die Auswertung derartiger Untersuchungen ist in Anbetracht der großen Fehlerbreite unbrauchbar.

Die Hygroskopizität und Quellung des Haares

Das Haar ist hygroskopisch, d. h. es besitzt die Fähigkeit zur Wasseraufnahme, unter deren Einfluß es quillt, und zwar in der Längs- und

Querrichtung. Die Transversalquellung ist prozentual am stärksten, sie kann eine Zunahme des Haardurchmessers um ca. 14% bewirken (SAVILL, 90). Die Hygroskopizität spielt eine große Rolle für die Festigkeitseigenschaften des Haares.

5. Diagnostische Möglichkeiten zur Beurteilung des Haares

Zur Beurteilung der Haarqualität stehen optische, physikalische und chemische Meßmethoden zur Verfügung.

a) Optische Methoden

Mittels des bloßen Auges lassen sich Aussagen über die Fülle des Haares, seine Verteilung am Kopfe, seine Griffigkeit, Geschmeidigkeit, Sprungfähigkeit und Gleitfähigkeit und über seinen Glanz machen. Eine einigermaßen sachgerechte Beurteilung setzt bei diesen subjektiven Charakterisierungen ein erhebliches Maß an Erfahrung voraus.

Die mikroskopische Untersuchung erlaubt die Erfassung des Zustandes der Cuticula, der Haarspitzen, des Haarschaftes und der Haarwurzel.
Zur Darstellung der Cuticula im Lichtmikroskop gibt es eine große Anzahl von Präpationsmethoden, welche zwei Richtungen verfolgen, die direkten und die indirekten Methoden.

Bei ersteren wird die Schuppenzeichnung am Haarschaft selbst färbetechnisch deutlich gemacht, bei den indirekten Methoden wird ein Abdruck der Cuticula in transparentem, plastischem, erhärtendem Material betrachtet; das hat den Vorteil, daß die fertigen Negative der Abdrücke aufbewahrt werden können (Abbildung 2).

Heute wird die Oberflächenzeichnung des Haares mittels des Phasenkontrastmikroskopes auf einfache Weise anschaulich zur Darstellung gebracht.

Die Durchmusterung des Haares im polarisierten Licht ergibt beim ungeschädigten Haar ein gleichmäßiges Farbbild (KEIL, 65), einzelne hellere Stellen des zur Untersuchungsvorbereitung in destilliertem Wasser gequollenen Haares zeigen Beschädigungen an.
Polarisationsoptische Untersuchungen ergeben an gesunden Haaren infolge der kristallinen Struktur der Elementarbausteine die Erscheinung der Dop-

pelbrechung des Lichtstrahles (BRAUCKHOFF, 11).
Das Maß für die Stärke der Doppelbrechung ist die Differenz zwischen ordentlichem und außerordentlichem Strahl.
Bei Orientierungsverlusten der Elementarbausteine des Haares ergibt sich eine Abnahme der Doppelbrechung.

b) Die physikalischen Meßmethoden

Die von Speakman entwickelte "Mechanochemie", das Forschungsgebiet der "cross-linking-reactions" (ZAHN, 125), befaßt sich mit den Auswirkungen mechanischer Eingriffe auf die chemische Struktur; erst mit Hilfe solcher Untersuchungsmethoden gelang es, Aufschlüsse über den Feinbau des Haares zu erhalten; in diesem Sinne ermöglicht die Erprobung der physikalischen Eigenschaften Rückschlüsse auf den jeweiligen strukturellen Zustand des Haares.

Die Röntgenanalyse vermittelt Kenntnisse über die verschiedenen Zustandsformen des Keratins, des unbehandelten, des gedehnten, des superkontrahierten und des Meta-Keratins (HIRSCH, 62).

Zur Beurteilung der physikalischen Eigenschaften des Haares dienen in erster Linie die Festigkeitsprüfungen. Zu diesem Zweck gibt es eine Reihe von verschiedenen Apparaten und Versuchsanordnungen, welche auf dem Prinzip beruhen, eingespanntes Haar mittels Federkraft oder Gewichtsanhängung bekannter Größe zu dehnen, bis es reißt. Die entsprechenden Längenänderungen sind meßbar.
Die geringste Fehlerbreite ergibt sich bei Verwendung des Schopper'schen Feinfaserfestigkeitsprüfers.

Die Reißfestigkeit des normalen Haares liegt durchschnittlich bei etwa 80 g (BRAUCKHOFF, 11), kann aber bei dicken Haaren 100 g und mehr betragen. Je höher die Werte liegen, desto besser ist die Qualität des Haares. Unter Berücksichtigung des Haarquerschnittes ergibt die spezifische Reißfestigkeit einen Wert von rund 19 kg/mm^2 (BRAUCKHOFF, 11).

Bei Versuchsanordnungen, welche ohne Berücksichtigung des Faserquerschnittes arbeiten, werden die durchschnittlichen Abweichungen bzw. Ungleichmäßigkeiten nach der Sommer'schen Formel berechnet (FRIEDERICH, 35):

$$U = \frac{2\,n}{Z} \cdot \frac{M - Mu}{M} \cdot 100\,\%$$

(U = Ungleichmäßigkeit, n = Zahl der unter dem Mittel liegenden Werte, Z = Gesamtzahl der Versuche, M = Gesamtmittel, Mu = Untermittel).
Das Untermittel ist der Durchschnitt der unter dem Mittel liegenden Einzelwerte.

Die Ergebnisse der Reißfestigkeitsmessung sind von einer großen Zahl von Faktoren abhängig. Mit zunehmendem Alter und zunehmender Haardicke ändern sich die Festigkeitseigenschaften des Haares; beim Neugeborenen wurde hochgradige Brüchigkeit festgestellt (MARCHIONINI, 74), die sich durch die Einwirkung des alkalischen Fruchtwassers ergibt.

Beim Kinde und beim Erwachsenen nehmen mit steigender Haardicke auch die Festigkeitseigenschaften zu, wobei zwischen Haardicke und Haarfarbe insofern ein Zusammenhang besteht, als rote Haare im allgemeinen die größte Dicke aufweisen, während die Haardicke von Schwarz nach Braun zu und von Braun nach Blond stetig abfällt; analog verhält sich die Reißfestigkeit.

Beim grauen Greisenhaar ergeben sich infolge atrophischer Veränderungen die niedrigsten Reißfestigkeitswerte, da der Zusammenhalt der Kolloidteilchen in der Keratinstruktur lockerer wird. Die mittlere Reißfestigkeit für graues Greisenhaar beträgt 16 g (WEISS, 117).

Feinfaserfestigkeitsprüfungen von FRIEDERICH (35) ergaben folgende Werte:

Haarfarbe	Zahl der Versuchspersonen	Mittelwert der Reißfestigkeit in g
Rot	2	93,2
Schwarz	9	73,9
Dunkelblond	5	68,39
Dunkelbraun	6	66,2
Braun	25	65,72
Blond	7	63,17
Graubraun	12	41,5
Grau	9	32,7

Von der Untersuchung müssen Haare mit schweren, in die Cortex reichenden traumatischen Verletzungen, und Haarschafterkrankungen wie Trichorrhexis nodosa, da die ungewöhnlich niedrigen Meßwerte ja nicht auf Veränderungen des gesamten Schaftes beruhen.

Von wesentlicher Bedeutung für die Festigkeitseigenschaften ist die relative Feuchte. Mit zunehmender Feuchte nimmt die Reißfestigkeit ab, sie beträgt bei Sättigungsfeuchte durchschnittlich etwa 80% der Trockenfestigkeit (FRIEDERICH, 35).

Die Bruchdehnung des menschlichen Haares in zimmertrockener Luft liegt meist zwischen 30% und 50% (BRAUCKHOFF, 11), bei steigender relativer Feuchte nimmt sie zu und ist beim gesättigt feuchten Haar etwa 1 1/2mal so hoch als bei zimmertrockenem Haar.

Von Bedeutung sind ferner die zerstörungsfreien Meßmethoden, welche es erlauben, mehrere Untersuchungen an einem Haare durchzuführen, ohne es dadurch zu zerstören.

Zu nennen ist der sogenannte 30 %-Index; er wird dadurch erhalten, daß man untersucht, wie groß die Belastung sein muß, um eine chemisch behandelte Faser in Wasser um 30% zu dehnen, und Vergleichen des erhaltenen Wertes mit der Messung am unbehandelten Haar (ZAHN, 125).

Bei der Rotationsmethode (HIRSCH, 59) wird die Kraft gemessen, welche zur Verdrehung des Haares um seine Längsachse nötig ist; bei dieser findet eine Entdrillung des Haares statt. Beim normalen Haar ist die Rotation der Dehnung proportional und umgekehrt; bei Veränderungen der Keratinstruktur ergeben sich Abweichungen des Rotationsfaktors vom Dehnungsfaktor.

Die Knotenfestigkeit gibt Aufschluß über die Sprödigkeit des untersuchten Haares.

Die Längsquellungsanalyse des Haares ermöglicht eine genaue Erfassung von Haarschädigungen, ohne Zufälligkeiten (lokale stärkere Schädigung) und Fehlergrenzen wie bei der Bestimmung der Reißfestigkeit und Bruchdehnung befürchten zu müssen (BRAUCKHOFF, 11). Es wurden zu diesem Zweck auf der Hygrometrie beruhende Geräte entwickelt, darunter das sogenannte Brauckhoff-Testgerät. Die Längsquellung wächst mit steigendem Schädigungsgrad.

Das Haar nimmt infolge seiner Hygroskopizität Wasser auf und quillt in der Längs- und Querrichtung. Bei Einlegen von zimmertrockenen Haaren in Wasser nimmt die Haardicke um 15% der ursprünglichen Dicke zu, die Längsquellung beträgt im gleichen Feuchtigkeitsbereich nur 1% der Haarlänge.

Diese wertvolle Methode erlaubt die genaue Erfassung der Haarschädigungen an Hand der Vergleichswerte zwischen ungeschädigten und geschädigten Haaren in verschiedenen Feuchtebereichen.

c) Die chemischen Meßmethoden

Es ist eine Reihe von Schädigungsreaktionen bekannt; diese besitzen aber weit weniger Bedeutung als die oben genannten Methoden. Die einzelnen Haarschichten verhalten sich gegenüber bestimmten Chemikalien nicht gleichartig; auf mehr oder weniger deutlicher Angreifbarkeit durch ganz bestimmte chemische Reagenzien beruhen diese Schadensbestimmungen. Darunter haben sich als besonders günstig herausgestellt (FRÖB, 43):

Die Diazoreaktion nach Pauly wird zur Ermittlung von Alkalischäden verwendet. Die wässrige Lösung von Diazobenzosulfosäure färbt helles, geschädigtes Haar je nach dem Grad der Alkalischädigung mehr oder weniger stark rot an. Die Reaktion ergibt sich daraus, daß bei verletzter Cuticula das Pauly-Reagens zu den tyrosinhaltigen Spindelzellen durchdringen und sich mit Tyrosin sofort zu einem roten Farbstoff kuppeln kann. Ungeschädigtes Haar färbt sich praktisch nicht an.

Für dunkles Haar eignet sich die Diazoreaktion nach Groß und Mitarbeitern (FRÖB, 43). Diese Reaktion beruht auf einer quantitativen Messung des Verbrauches an Diazolösung; beim Einlegen von geschädigten Haaren nimmt die Konzentration der Diazolösung durch die Kuppelung mit Tyrosin ab, diese Konzentrationsabnahme wird durch Titration mit Na-β-Naphtholat ermittelt, wobei die überschüssige Diazolösung zu einem orangeroten Farbstoff gekuppelt wird.

Auch die Allwörden'sche Reaktion kann zur Schadensbestimmung an der Zwischenmembran benützt werden. Auf das entfettete Haar läßt man frisches Cl- oder Br-Wasser einwirken. Die Reaktion ist durch Ausbleiben der sich entlang dem Haarschaft bildenden Kette von Gasblasen an schadhaften Stellen des Haares gekennzeichnet.

Mit Hilfe von 1%iger $AgNO_3$-Lösung kann man Cuticulaschäden sichtbar machen, indem man in Alkohol und Äther entfettete Haare eine halbe Stunde in die Lösung legt und nach Spülen mit Wasser dem Sonnenlicht aussetzt. An den schadhaften Stellen, an denen sich das Silbersalz ablagern konnte, bildet sich eine schwarzbraune Färbung aus (HIRSCH, 61).

Methylenblaulösung (1g Methylenblau in 1l Wasser + 0,5 ccm konz. Salmiakgeist) färbt chemisch geschädigtes Haar mehr oder weniger stark blau an, während sie sich von den ungeschädigten Haarteilen abspülen läßt (HIRSCH, 61).

Die Alkalilöslichkeit nach Harris hat sich besonders bei Bleich- und Färbeschäden bewährt (FRÖB, 43). Die entsprechenden Haarproben werden eine Stunde lang in 1/10n-NaOH bei $65^{\circ}C$ gelegt und der dabei auftretende Gewichtsverlust bestimmt. Die Löslichkeit in Alkali und die Löslichkeit in Harnstoff-Bisulfitlösung gibt ein Maß für chemische Veränderungen an den Quervernetzungen und Peptidbindungen des Haares (FREYTAG, 34).

Die Säurelöslichkeit gibt einen Hinweis auf den Zustand der Peptidbindungen.

Die Kupferaufnahme - Bestimmung nach Weber ergibt bei Oxydationsschäden grüne Färbung, Alkalischäden graue und Säureschäden violette Färbung (EDMAN und MARTI, 24).

Mit Rhodamin B ist eine gezielte Diagnostik von Cuticulaschäden möglich. Insbesondere Kaltwellschäden werden auf diese Weise färbetechnisch nachgewiesen (SCHEIBNER, 91), bei entsprechenden Haarschädigungen ergibt sich eine intensive tiefrote Färbung. Diese Methode ist vor allem zur Diagnostik an helleren Haaren vorteilhaft.

Die Beziehung zwischen Gesamtschwefel und Zystinschwefel dient als Maß für Haarschädigungen; bei Dauerwellung nimmt der Zystinschwefel ab, während der Gesamtschwefel unverändert bleibt; aus dem Grade dieses Unterschiedes ergibt sich die Stärke der Haarschädigung.

B. DIE DAUERVERFORMUNG DES HAARES

Eine Dauerverformung des Haares wird durch die Dauerwellverfahren erzielt; unter den Begriff der "Dauerwelle" als Ergebnis dieser Verfahren fallen die "Kräuselung" und die "Wellung" des Haares. Anläßlich eines Prozesses, ob ein neues Dauerwellverfahren Krausen oder Wellen erzeuge, wurde an Hand eines Gutachtens des mathematischen Institutes der TH in München folgendermaßen definiert (HIRSCH, 58):
Eine Welle liegt vor, wenn die Größe Δ größer ist als ca. 6 cm, eine Krause liegt hingegen vor, wenn Δ kleiner ist als 6 cm, wobei Δ die Haarlänge ist, die auf eine Welle fällt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Dauerwellsysteme, die Heiß- und die Kaltwelle. Beide Systeme suchen bestimmten Anforderungen zu genügen. Das Ziel der Dauerwelle ist die dauerhafte (mindestens 3 Monate haltbare) Krausung des Haares bei möglichst geringer Schädigung von Haar, Kopfhaut und Gesamtorganismus (Toxizität und Sensibilisierung), ferner werden der Zeitfaktor, eine leichte Handhabung und ein tragbarer Preis in Rechnung gestellt (ERLEMANN, 26).

Diese Faktoren hat der Kosmetik-Chemiker bei der Synthese brauchbarer keratinverformender Präparate zu beachten.

Bei der Anwendung derartiger Mittel erfährt das Haar chemische Umsetzungen und physikalische Veränderungen vielfältiger Art, die sich als Voraussetzungen des angestrebten Behandlungserfolges nicht vermeiden lassen; dieser Erfolg muß jedoch in einem vernünftigen Verhältnis zu den entsprechenden Veränderungen stehen (FREYTAG, 34).

Somit spielt die Qualität der Präparate eine große Rolle. Es sind eine Anzahl von Präparaten auf dem Markt erschienen, welche den an sie gestellten Anforderungen in befriedigender Weise genügten; in Deutschland sind die folgenden Firmen für die gute Qualität ihrer Präparate bekannt:

Firma Hans Schwarzkopf - Institut für Haarhygiene, Hamburg
Firma Kadus-Werk Ludwig Kegel KG, Lenzkirch/Schwarzwald
Firma Wella-Haarkosmetik, Darmstadt
Firma L'Oreal GmbH, Karlsruhe
Firma Kleinol, Bad Segeberg
Firma Fuva - Josef Vatter, München

Von Bedeutung hinsichtlich des Behandlungserfolges sind neben der einwandfreien Qualität der verwendeten Präparate die Beachtung der Variabilität und Vorgeschichte der Haare, deren richtige Beurteilung und die Abstimmung der Präparate auf die unterschiedlichen Haarsorten nebst einwandfreier Arbeitstechnik von Seiten des ausführenden Fachmannes.

I a) Die Heißwelle und ihre grundsätzliche Wirkung auf das Haar

1. Zur Ausführung der Heißwelle oder "Apparatewelle" sind folgende Arbeitsgänge erforderlich:

a) Das Waschen und Schneiden und Trocknen des Haares;

b) Das Abklammern; beim Abklammern soll möglichst immer dieselbe Menge von Haaren erfaßt werden, um eine regelmäßige Krause zu erzielen.

c) Das Durchfeuchten mit Dauerwell-Lösung; die Dauerwellflüssigkeit wird nach dem Abklammern auf die einzelnen Haarsträhnen gebracht, dabei muß ein Abtropfen auf die Kopfhaut vermieden werden.

Es handelte sich bei diesen Flüssigkeiten meist um alkalisch reagierende wässrige Lösungen von Borax, Soda, Pottasche, Hirschhornsalz, Salmiakgeist, oder heute um Lösungen von Salzen der Schwefligen Säure, Na-, K- oder Ammoniumsulfit, Triäthanolaminsulfit (SCHNITZLER, 97), Na-Bisulfit, eventuell unter Zusatz von Borax oder Ammoniumhydroxyd. Manche Dauerwellflüssigkeiten enthalten, um die Einwirkung zu beschleunigen, Zusätze von Netzmitteln wie Türkischrotöl oder Fettalkoholsulfonate. Weitere Zusätze, welche zur Schonung des Haares verwendet werden, sind Stoffe, die zu einer Pufferung der beim Verdampfen der Flüssigkeit ansteigenden Alkalität führen, daneben Stoffe öligen Charakters.

So existiert eine Reihe von verschiedenartigen Zusammensetzungen, welche im einzelnen natürlich Firmengeheimnisse bleiben, im großen und ganzen aber auf denselben Grundstoffen aufbauen (MANNECK, 73).

d) Das Wickeln des Haares muß gleichmäßig und straff gespannt erfolgen, wobei sich keine Knickstellen im Haar ergeben dürfen.

e) Das Heizen ist je nachApparat verschieden. Die Erwärmung der Wickler auf die erforderliche Temperatur von 80 - 100°C (SIDI, 104) erfolgt durch Wasserdampf, elektrischen Strom mit Innen- oder Außenheizung der Wickler, oder einer Kombination der beiden, durch stromlose Wärmespeicher durch Sachet-Heizung, durch UKW-Welle. Die Heizdauer beträgt durchschnittlich 15 Minuten, sie richtet sich nach der Haarsorte und der Stärke der Dauerwell-Lösung.

f) Das Neutralisieren erfolgt nach dem Abkühlen und Abwickeln des Haares mittels einer sauren Lösung, in welcher das Haar gebadet wird, um die Wirkung der Alkalien aufzuheben und dem Haar Glanz und Festigkeit zu verleihen.

2. Die Wirkung dieser Faktoren, der Alkalien, Reduktionsmittel, der Dampfhitze und der Spannung des Haares auf den Wicklern und das Neutralisieren hat natürlich strukturelle Veränderungen zur Folge.

Das menschliche Haar ist gegenüber chemischen und physikalischen Einwirkungen infolge seines komplizierten Baues mit verschiedenen chemisch-aktiven Gruppen besonders empfindlich. Durch die Einwirkung der Dauerwellflüssigkeit werden von den Alkalien die Salzbindungen im Keratin hydrolytisch aufgespalten, bei längerer Einwirkung durch Alkali tritt ein Abbau der Kettenmoleküle unter Peptidbrückensprengung auf. Beim nachfolgenden Kochprozeß findet die Spaltung der Zystin-Querbrücken statt und zwar unter Wirkung der Alkalien, Reduktionsmittel in der Dampfhitze. Somit ist der hydrolytische Zusammenbruch der Querbrücken des straff gespannten Haares vollständig, und damit kommt es zur Bildung von Superkontraktionskeratin, d. h. die Faser faltet sich stärker zusammen als in der α-Form des Keratins. Durch die hohe Temperatur ist außerdem eine Sprengung der Wasserstoffbrücken anzunehmen. Durch die Sprengung der zwischen den Ketten liegenden Brücken kommt es zu einer gegenseitigen Verschiebung derselben. Die Kettenbruchstücke setzen sich an neuen Ansatzpunkten zu relativ unbeständigen Brücken um, welche durch die allmählich trockener werdende Hitze stabilisiert werden. Nach der Abkühlung wird das Haar abgewickelt und in einer sauren Lösung gebadet, um die im Haar verbliebenen Salze zu neutralisieren und durch gutes Spülen aus dem Haar zu entfernen.

3. Dieses zur Erzielung der Heißwelle erforderliche Mindestmaß an Umsetzungen im Keratin manifestiert sich in Veränderungen der Eigenschaften des Haares.

Bei Einhaltung aller Bedingungen von Seiten des Ausführenden ergeben sich natürlich nur geringfügige Abweichungen vom Zustand des unbehandelten Haares, welche infolge der Variabilität des Haares um einen Mittelwert schwanken. Die Eigenschaftsänderungen erfahren ihren Niederschlag im submikroskopischen Niveau und damit in den Ergebnissen physikalischer Messungen, auch chemische Methoden lassen diese Veränderungen erkennen.

Physikalische Untersuchungen zeigen folgendes Ergebnis:
Die Reißfestigkeit und Bruchdehnung nach Heißwelle sind herabgesetzt. Die Abnahme der Reißfestigkeit beträgt ungefähr 10%, die Zunahme der Knotenfestigkeit etwa 10%, die Längsquellung ist unverändert.

Bei der chemischen Untersuchung zeigt sich eine Abnahme des Zystinschwefels, welche die Festigkeitsänderungen mitbedingt.

Ib) Die Heißwelle als Ursache von Haarschädigungen

Zur Erzielung einer einwandfreien Heißwelle waren eine Reihe von Faktoren zu beachten; geringfügige bis schwerere Abweichungen von diesen Vorbedingungen manifestieren sich demgemäß nicht nur in geringfügigen Veränderungen des Haares auf dem submikroskopischen Strukturniveau, sondern als Schädigungen des Haares. Diese werden je nach Schädigungsgrad chemisch und optisch erfaßbar. Das Haar ist bei der Heißwelle mechanischen, thermischen und chemischen Schädigungen ausgesetzt; diese können einerseits aus fahrlässigen Manipulationen des Friseurs und groben technischen Fehlern in der Anwendung und Konzentration der Präparate, andererseits aus der Qualität der Präparate und deren Abstimmung auf die Qualität der zu behandelnden Haare und deren Vorgeschichte resultieren. Besonders in den Anfangszeiten der Heißwelle kamen viele Schadensfälle vor.

1. Die verschiedenen Haarqualitäten

Schon beim unbeschädigten Haar gibt es die unterschiedlichsten Arten; es gibt feines und starkes, elastisches und sprödes, trockenes und fettes, drahtiges, borstiges und weiches wattiges Haar, poröses und schlaffes Haar.

Es hat sich herausgestellt, daß stärkere Haarsorten leichter zu wellen sind als feineres Haar, diese brauchen eine geringere Heizdauer. Sprödes Haar nimmt die Krause sehr schlecht an, es zeigt oft eine schlecht haltbare Krause. Ungünstig ist unelastisches und wattiges Haar zu dauerwellen; bei porösem Haar ist zu beachten, daß es die Dauerwellflüssigkeit besonders stark aufsaugt, das kann zu chemischen Schädigungen führen. Poröse Spitzen müssen mit Öl isoliert werden. In allen Zweifelsfällen sollte ein Probewickel gemacht werden (SCHWARZKOPF, 99).

Je nach Haarqualität werden Eingriffe in die Haarstruktur mehr oder weniger schädigend sein, eine schlechtere Haarqualität stellt eine Disposition zur Schädigung dar.

Obwohl auf dem Markt Präparate für alle möglichen Haarsorten erschienen sind, die dem Friseur zur Verfügung stehen (KADUS, 64, WELLA, 119, SCHWARZKOPF, 100), wird diesem Faktor nicht immer Rechnung getragen.

2. Von Seiten des Friseurs und der Kosmetik-Chemiker sind weitere Schädigungen des Haares zu erwarten, welche aus einer unsachgemäßen Technik, einer zu starken Konzentration der Präparate überhaupt oder eben aus der Unbrauchbarkeit für die einzelnen Haarqualitäten und aus zu häufiger kosmetischer Behandlung resultieren.

Es ergibt sich somit ein Kreis von Faktoren, welche einzeln oder in der Kombination verschiedene Schädigungsgrade des Haares entstehen lassen. Man unterscheidet mechanische, chemische und thermische Schädigungen.

a) Mechanische Schädigungen ergeben sich meist aus unsachgemäßem Schneiden des Haares und der Wicklung. Die Folge sind Cuticulaschädigungen, vor allem im Bereich der Spitzen durch das fehlerhafte Schneiden, Knick- und Druckstellen im Haar durch Verdrehung des Haares beim Wickeln und unsorgfältiges Wickeln der Spitzen, durch unsachgemäßes Abklammern und zu straffe Metallspangen der Wickler mit dem Ergebnis von Cuticulaverletzungen; das Aufrollen gegen die Wuchsrichtung und das straffe Spannen des schon mit Dauerwellflüssigkeit durchfeuchteten Haares kann eine Abknickung über der Kopfhaut und Knickstellen des Schaftes bewirken, solches Haar bricht beim Kämmen meistens ab.

b) Chemische Schädigungen durch Alkalien werden entweder durch zu lange Einwirkungszeit oder zu hohe Konzentration der Dauerwellflüssigkeit verursacht; ebenso schädlich wirkt sich eine nachlässige

oder ausbleibende Neutralisation aus. Infolge der Alkaliempfindlichkeit des menschlichen Haares erfolgt eine Schädigung der Haarstruktur durch die Vorgänge der Salz- und Zystin-Querbrückensprengung und die gleichzeitige Spaltung der Peptidbindungen der Kettenmoleküle. Die Reduktionsmittel spalten ebenfalls Zystin-Querbrücken.

c) Thermische Schädigungen treten bei Überheizung infolge zu langer Heizzeit oder zu hoher Temperatur auf. Wenn die Temperatur von 130° C überschritten wird, zu rasch und zu lange Zeit erhitzt wird, treten Schädigungen der Haarstruktur des gesamten Haarschaftes oder lokale Haarverbrennungen durch Überheizung bestimmter Haarpartien auf.

3. Untersuchungsergebnisse an Haaren, die durch Heißwelle geschädigt wurden

a) Mittels optischer Untersuchungsmethoden lassen sich an geschädigten Haaren folgende Ergebnisse aufstellen:

An Haaren, die solchen Bedingungen unterworfen wurden, zeigt sich, daß sich die Haarschädigungen schon beim Betrachten mit dem bloßen Auge erkennen lassen.

Die Griffigkeit des Haares, seine Geschmeidigkeit und Sprungfähigkeit haben infolge der thermischen und chemischen Schädigung mehr oder minder stark gelitten, ein sichtbares Nachlassen seiner Festigkeitseigenschaften ist erkennbar; das Haar ist spröde und brüchig, schwammig und unelastisch geworden. Eventuell zeigt sich eine rotstichige Verfärbung überhitzten Haares, bei Verwendung von kupferhaltigen Metallwicklern können auch lokale Grünfärbungen auftreten.

Der Glanz des Haares hat Einbußen erlitten; das kann aus Haarschaftschädigungen durch chemische und thermische Schädigungen und aus mechanischen Beschädigungen der Cuticula resultieren. Der gute "normale" Seidenglanz ist durch Schädigung der Cuticulazellen und eventuell auch der Cortexstruktur verschlechtert worden, das Haar erscheint matt und leblos. Diese Beobachtung wurde bei vielen Frauen gemacht (BRAUCKHOFF, 11). Unter Umständen findet sich der sogenannte Glasglanz, welcher etwa der Glanzwirkung beim Betrachten einer dicken Glasplatte entspricht; er tritt auf, wenn die Haarstruktur so stark verändert wurde, daß auffallendes Licht nicht mehr von der Oberfläche reflek-

tiert wird, sondern ins Innere des Haares eindringt und hier reflektiert, zerstreut und absorbiert wird. Solches Haar hat tiefgreifende strukturelle Schädigungen erfahren. Nicht zu verwechseln mit dem Glasglanz ist der sogenannte Porzellanglanz stark markhaltiger Haare, die milchweiß erscheinen. Durch verstärkten Glanz zeichnen sich Haare aus, welche unter Haarschaftverdrehungen auf den Wickler kamen und in dieser Lage der chemischen und thermischen Beeinflussung der Heißwelle unterworfen wurden.

Die Folgen sind artefizielle Defekte unter dem Bild der Trichokinesis oder Pili torti. An den entsprechenden Stellen wird das Licht stärker reflektiert, daraus ergeben sich erhöhte, ungleichmäßig über das Haar verbreitete Glanzeffekte. Die Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften solchermaßen verdrehter Haare (an den betroffenen Haarschaftanteilen) ergibt durch zivilisatorische banale Traumen (Kämmen und Bürsten) fast immer ein Knicken, sogar Abbrechen des betroffenen Haarschaftes; das Haar fühlt sich trocken und kraus an, es kommt zum Aufsplittern der einzelnen Stellen bzw. der verbleibenden Bruchstümpfe unter dem Bilde einer Trichorrhexis nodosa, einer Trichoptilosis und einer Trichonodosis (FRIEDERICH, 35).

Diesen Haarschafterkrankungen liegen mechanische, thermische und chemische Schädigungen zugrunde, welche primär die Cuticula verletzen, bzw. völlig zerstören und dann tief in die Cortex reichen; solchermaßen geschädigtes Haar ist besonders empfindlich gegenüber den banalsten Maßnahmen des täglichen Lebens (Kämmen und Bürsten).

Die Trichorrhexis nodosa ist makroskopisch am Auftreten kleiner Pünktchen am Haarschaft erkennbar, bei dunklem Haar sind diese weiß oder grau, bei hellem Haar schwärzlich.

Die Trichoptilosis ist ebenfalls makroskopisch sichtbar, sie ist durch Auftreten flaumfederartig aufgefaserter Haarschaft- bzw. Spitzenanteile gekennzeichnet. Die notwendige Sprengung der Cuticula erfolgt durch Schneiden mit stumpfen Scheren, sowie alkalische und thermische Einwirkungen, welche eine erhöhte Fragilität des Haares zur Folge haben.

Die Trionodosis tritt in Form von Knötchenbildungen infolge Schlingen- oder Doppelschlingenbildungen auf, mit ihr sind meistens Trichorrhexis nodosa und Trichoptilosis kombiniert, und zwar im Bereich der Schlingenbildung, distal oder proximal von dieser.

Weiterhin kommen Haarschädigungen unter dem Bild der Trichoclasie vor, welche durch Schrägfraktur des Haares mit kolbenförmiger Verdickung des Bruchendes charakterisiert ist.

Diese Erkrankungen des Haarschaftes führen häufig zu einer sichtbaren Verminderung der Haarfülle, die sich entweder durch die Erkrankung selbst (Trichoclasie) oder durch die erhöhte Fragilität der befallenen Haarschaftanteile ergibt.

Übermäßige Alkalieinwirkung auf die Bereiche der Haarwurzel als Folge des Abtropfens von Dauerwellflüssigkeit auf die Kopfhaut bewirkt eine Wurzelschädigung und Wurzelspaltung mit verstärktem Haarausfall.

Die mikroskopische Betrachtung erlaubt die genaue Untersuchung des Zustandes der Haarspitzen, des Haarschaftes und der Haarwurzeln.

Das Mikroskop vermittelt ein besonders deutliches Bild der Haarschädigungen.

Die Oberflächenzeichnung des Haares, welche mit Hilfe der eingangs erwähnten Methoden genau erfaßbar ist, zeigt nach zu langer und intensiver Alkalieinwirkung Veränderungen, welche auf der Alkaliempfindlichkeit des Haares beruhen. Die Oberflächenzeichnung wird verwaschener und geht durch die destruierende Wirkung der Alkalien verloren (Abbildung 3a, 3b).

Verbiegungen und Verdrehungen des Haarschaftes mit der Bildung von Knickstellen (Abbildung 4) sind oft verbunden mit einem Aufplatzen des Haaroberhäutchens (Abbildung 5) und führen letzten Endes zur Bildung von Bruchstümpfen (Abbildung 6). Beschädigungen der Cuticula durch Überheizung (Abbildung 7), sowie durch falsches Wickeln und Überheizung (Abbildung 8), Defekte, Riß- und Lochbildungen sind erkennbar.

Die Kunstprodukte unter den Bildern der als Pili torti (Abbildung 9) und Trichokinesis bekannten Haarerkrankungen verschiedener Genese zeigen Torsionen des Haarschaftes um seine Längsachse. Bei der Trichokinesis ist ein spindelförmiges Aussehen des Haares festzustellen.

Neben diesen Haarschaftverdrehungen, die in größerer Anzahl auftreten können, zeigen sich die Bilder der Trichoptilosis im Bereich des Haarschaftes (Abbildung 10) und der Haarspitzen (Abbildung 11), welche

auch mit anderen Haarschafterkrankungen kombiniert vorkommen. Die Sprengung der Cuticula, die Längsspaltung des Haarschaftes und seine Auffaserung ist deutlich erkennbar.

Die Pünktchen der Trichorrhexis nodosa erweisen sich als bürstenartige Aufsplitterungen und Auffaserungen des Haarschaftes, wobei sich zu Beginn des Krankheitsbildes primär die Absplitterung des Randes und dann erst die Auffaserung der Cortexanteile in der Longitudinalrichtung unter Verbreiterung des Haarschaftes erkennen läßt (Abbildung 12). Das Haar bricht an dieser Stelle quer durch und ein pinselartiger Haarstumpf bleibt zurück (Abbildung 13).

Die Knötchen der Trichonodosis lassen sich unter dem Mikroskop als Schlingen- und Doppelschlingenbildungen erfassen (Abbildung 14), die häufig mit anderen Haarschafterkrankungen kombiniert sind.

Die Bilder der Trichoclasie zeigen Schrägfrakturen des Haares mit kolbenförmiger Verdickung des Bruchendes.

Alle diese Haarschafterkrankungen und Haarschaftschädigungen ergeben meistens eine Verminderung der Haarfülle, mit zurückbleibenden Stumpenhaaren (Abbildung 15). Oft ergibt sich dieser Haarverlust auch durch verstärkten Haarausfall als Folge einer Alkalischädigung im Bereich der Haarwurzel, sie ist als Wurzelspaltung sichtbar (Abbildung 16).

Die Durchmusterung schwer hitzegeschädigten Haares (über 130° C) im Mikroskop zeigt die Vergrößerung der Lufträume in der Medulla und Cortex, gleichzeitig finden sich Risse und Sprünge in der Cuticula und Cortex.

Heißwellgeschädigtes Haar zeigt eine Abnahme der Doppelbrechung des Lichtes infolge des Orientierungsverlustes der strukturellen Bausteine des Keratins, welchen die starke Erhitzung verursacht (BRAUCKHOFF, 11).

Fehlstellen und Beschädigungen zeigen sich polarisationsoptisch durch Auftreten von helleren Stellen im normalerweise gleichmäßigen Farbbild an.

b) Die Schädigungen der heißgewellten Haare erfahren ihren Niederschlag besonders deutlich in den Ergebnissen der physikalischen Messungen.

Die an den Zustand der Cortex gebundenen Festigkeitseigenschaften des Haares haben sich nach den oben beschriebenen Schädigungen verschlechtert, mehr oder weniger, je nach vorliegendem Schädigungsgrad.

Fast durchwegs wird im Schrifttum eine Herabsetzung der Feinfaserfestigkeitsprüfwerte mitgeteilt.

Für die Reißfestigkeit wurde durchwegs eine Erniedrigung gefunden (BRAUCKHOFF, MIETHKE, GRAVELIS, MARCHIONINI, DRAESEKE, BARTH, FRIEDERICH, 35); maximal 30% Erniedrigung fand sich bei dreimaliger Behandlung, und einmaliger Behandlung einschließlich einer Blondierung (BRAUCKHOFF, 11).

Für die Bruchdehnung wurde ebenfalls Erniedrigung gefunden, mit Ausnahme bei FRIEDERICH und FRÖB (35).

Die Längsquellung hat analog der Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften zugenommen;ebenso die bleibende Dehnung. "Die erhöhte Längsquellung ist allgemein betrachtet gleichbedeutend mit geringerem Widerstand gegen die Dehnung und leichterer Beweglichkeit der Molekülketten" (BRAUCKHOFF, 11).

Die Knotenfestigkeit des Haares hat als Ausdruck erhöhter Sprödigkeit etwa 23% zugenommen.

c) Auch die chemischen Methoden lassen eine Schädigungsdiagnose zu; die eingangs schon erwähnten chemischen Reaktionen ergeben je nach Ausdehnung der Schäden, nach Schädigungsgrad mehr oder weniger deutliche Abweichungen von den Ergebnissen am ungeschädigten Haar.

II a) Die Kaltwelle und ihre grundsätzliche Wirkung auf das Haar bei Beachtung aller Bedingungen zur Erzielung eines einwandfreien Ergebnisses

Die Nachteile der Heißwelle führten zur Entwicklung der Kaltwellverfahren, zu welchen auch die Lau-, Mild-, Therm- oder Haubenwelle gehört. Während bei der Kaltwelle keine äußere Wärmeanwendung erforderlich ist, kommt bei der Lauwelle eine Temperatur von etwa 40 bis 70° C zur Anwendung, als Wärmespender werden die auf niedere Temperatur eingestellten Dauerwellgeräte, Wärmehauben und die Trockenhaube verwendet, was durch das Wegfallen der Dauerwellgeräte einen wesentlichen Fortschritt der Warmwelle bedeutet.

Die Zusammensetzung der Dauerwellwässer ist im Prinzip dieselbe, es bestehen lediglich quantitative Unterschiede, die bei der Warmwelle durch die Anwendung von Wärme ausgeglichen werden (BENK, 3).

Diese beiden Wellverfahren haben die Heißwelle heute praktisch völlig verdrängt, da sie schonender, zeitsparender arbeiten als die Heißwelle und einfacher anzuwenden sind.

Bald nach der Einführung der Kaltwelle begannen auch Heimdauerwellpräparate auf dem Markt zu erscheinen (1948), die rasch außerordentliche Verbreitung fanden (SCHWEISHEIMER, 103).

Die Kaltwellpräparate kommen in flüssiger, cremeartiger und fester Konsistenz auf den Markt.

Die heutigen Kaltwellpräparate beruhen fast ausschließlich auf Merkaptanbasis, und zwar auf Ammoniumthioglykolat.

Man experimentierte und kombinierte mit Ammonium- und Alkalisulfiten, Sulfiden (SCHNITZLER, 96), mit Thiosalizylsäure, Thioharnstoff, Rhodaminsäure, Senfölessigsäure, Guanidinverbindungen, Formaldehydkondensaten, Zystin- und Zysteinverbindungen, mit Thiomilchsäure, welche vor allem in Frankreich Verbreitung fand (SABETAY, 89), mit Thioglyzerin, Thioalkoholen, Thiozyanaten, Thiocarbonsäure (SCHIMMEL BRIEFS, 93).

Da neben dem Krausungseffekt auch das Zeitproblem, die Toxizität und das Sensibilisierungsvermögen, das finanzielle Moment eine Rolle spielen (ARNOLD, 1), stellte sich die Thioglykolsäure als das geeignetste Mittel heraus, sie hat diese Vorrangstellung bis heute behaupten können.

1. Folgende Forderungen werden an die Kaltwelle gestellt (GOTTRON, 48):

1) Größtmögliche Schonung der Haare beim Dauerwellvorgang;
2) Vermeidung von Gesundheitsschäden, besonders von Hautreizungen;
3) Beseitigung des störenden Merkaptangeruchs;
4) Vereinfachung und Beschleunigung der Arbeitsvorgänge;
5) "Narrensicherheit".

Die Erfüllung dieser Bedingungen wurde durch die Entwicklung von Verordnungen, Testreihen und eine ständig anwachsende Patentliteratur (MANNECK, 73, BÖSS, 9) gewährleistet.

Gesetzliche Verordnungen stellten folgende Richtlinien für die zur Verwendung gelangenden Präparate auf (STAATSANZEIGER, 105):

1) Präparate zur Erzeugung von Kaltdauerwellen dürfen bei Abgabe an Fachbetriebe des Friseurhandwerks nicht über 15%, bei Abgabe an Selbstverbraucher (sogenannte "Heimwelle") nicht über 7,5% Thioglykolsäure enthalten.
   Der Hersteller ist für die Reinheit der von ihm verwendeten Chemikalien verantwortlich.
2) Der p_H - Wert der Thioglykolsäurelösung muß zwischen 8,0 und 9,5 liegen. Die Alkalität darf nur durch Ammoniak bedingt sein.
3) Die Thioglykolsäurelösung sowie die Nachbehandlungsflüssigkeit dürfen keine gesundheitsschädlichen Beimengungen oder Verunreinigungen enthalten. Sulfide und Schwermetallverbindungen müssen abwesend sein.
   Keine gesundheitsschädlichen Stabilisatoren und Netzmittel dürfen verwendet werden!
4) Zur Nachbehandlung dürfen nur Oxydationsmittel von so milder Wirkung und in so geringer Konzentration angewendet werden, daß keine Schädigung möglich ist. Der p_H - Wert der zur Nachbehandlung verwendeten sauren Spülmittel darf nicht unter 2,0 liegen. Es dürfen nur organische Säuren hierfür verwendet werden.
5) Präparate auf Thioglykolsäure-Basis dürfen für nichtgewerbliche Zwecke ("Heimwelle") nur gemeinsam mit dem Oxydations- und Nachbehandlungsmittel in einer Packung abgegeben werden. Der Herstellungsmonat muß angegeben werden und vorgeschriebene Flaschen müssen verwendet werden.

6) Jeder Packung ist eine ausführliche Gebrauchsanweisung beizufügen, aus der besonders auch die notwendige Verdünnung, Dauer der Behandlung und Nachbehandlungsweise zu ersehen sind.

Da schon geringe Verunreinigungen der Thioglykolsäure toxische Wirkungen zeigten, wurden zahlreiche Methoden zu ihrer technischen Herstellung in reinster Form ausgearbeitet. Testreihen zur Ermittlung der Konzentration an Thioglykolsäure, welche heute nicht mehr als 9,5% betragen darf, wurden entwickelt (LASSER, 69).

2. Der Arbeitsgang der Kaltwelle erfordert die Anwendung von 3 verschiedenen Flüssigkeiten, der reduzierenden Entwicklerlösung, der oxydierenden Fixierlösung und der sauren Nachspülung. Dazu kommt bei der Warmwelle die Trockenhaube, welche während der Einwirkungszeit der Entwicklerlösung aufgesetzt wird.

a) Nach dem Waschen, Schneiden und Trocknen des Haares wird das Haar mit

b) Entwicklerlösung strähnenweise befeuchtet, locker aufgewickelt, anschließend wird sorgfältig nachgetupft, wobei das Abtropfen der Entwicklerlösung auf die Kopfhaut vermieden werden muß. Nun wird das Haar abgedeckt und während der Einwirkungszeit von 10 - 20 Minuten der Wirkung der Dauerwellflüssigkeit ausgesetzt. Es ist ein Probewickel anzulegen, an Hand dessen diese Wirkung zu überprüfen ist.
Es handelt sich um reduzierende Flüssigkeiten auf Thioglykolsäure-Basis, wobei die Thioglykolsäure meist in Form der wässrigen Lösung ihres Ammoniumsalzes zur Anwendung kommt. Es hat hervorragende keratoplastische Wirkung (VÖGLER, 111). Anstelle des Ammoniumthioglykolates wurden auch Monoäthanolamin-Thioglykolate erfolgreich verwendet (SCHWARTZKOPF, 101), da es hautmilder wirkt, jedoch besteht zwischen beiden ein wesentlicher Unterschied hinsichtlich der Einwirkungszeit und des erforderlichen p_H-Wertes, da sich bei Ammonium-Thioglykolat ein allmähliches Absinken der Alkalität durch Verflüchtigung des Ammoniaks ergibt, während das Monoäthanolamin-Thioglykolat während der ganzen Einwirkungszeit mit unverändertem p_H-Wert zur Wirkung kommt (HEILINGÖTTER, 56) und mit dieser starken Erweichungskraft das Haar gefährdet;

Natronlauge und Triäthanolamin erwiesen sich als Kation anstelle des Ammoniaks als ungeeignet.

Für Warmwellen werden Mischungen von Thioglykolaten mit Sulfiten verwendet, eine Warmwellflüssigkeit besteht praktisch aus einem Gemisch von Kalt- und Heißwellflüssigkeit. Man suchte Verbesserungen der Präparate zu erreichen durch Zugaben von harzartigen Polymeren, um die Sprungkraft des Haares zu erhöhen, oder von Organosiliziumverbindungen, um die Glanz- und Hydrophobierungseigenschaften dieser Substanzen auszunützen (WEIGEL, 116). Weitere Zusätze sind Netzmittel, Duftstoffe und emulgierte Fettstoffe; jedoch bedeutet die Anwendung dieser Zusatzstoffe nicht unbedingt eine Verbesserung der Präparate, da sie die Ionenkonzentration der Thioglykolsäure und ihre Bestimmbarkeit nachteilig beeinflussen können. "Der Wirkungsgrad einer Kaltwell-Lösung ist nicht allein eine Funktion des Gehaltes an Thioglykolsäure, sondern ist von der Wirkung der in der Lösung enthaltenen Kombinationen von Bestandteilen abhängig" (SCHNITZLER, 95), und diese Bestimmung erfolgt zweckmäßigerweise an Hand eines Probewickels.

Es haben sich heute folgende Kaltwellarten bewährt:
Die normale, alkalische Kaltwelle mit einem p_H-Wert um 9,5; die neutralen oder sauren Kaltwellmittel, welche beispielsweise durch Verwendung der Hydrazide der Thioglykolsäure auch im nichtalkalischen Milieu mild reduzierend und daher schonender wirken; weiterhin die sogenannten Ölkaltwellmittel; sogenannte thioglykolsäurefreie Kaltwellmittel enthalten die Thioglykolsäure in "versteckter" Form, wobei diese erst nach Wasser-Umsetzung im Verlaufe der Anwendung freigesetzt wird.

Während der Einwirkungszeit ist eine Abhängigkeit von der Körper- und Raumtemperatur festzustellen (BÖSS, 8). Falls die Temperatur von etwa 38 - 39°C nicht unter der Haube entwickelt wird, muß für kurze Zeit (höchstens 5 - 10 Minuten) die Trockenhaube angewendet werden. Bei Anwendung einer sogenannten Haarsauna, welche die Einwirkungszeit auf 3 - 8 Minuten verkürzt, ergibt sich diese Verkürzung der Einwirkungszeit durch den Einfluß von heißem Dampf.

c) Nach beendeter Einwirkungszeit wird das Haar mit warmem Wasser gründlich überbraust.

d) Die Fixierung erfolgt mittels eines Oxydationsmittels, welches 5 Minuten lang zur Einwirkung kommt und die Entwicklerlösung neutralisiert. Nach vorsichtigem Abrollen des Haares wird der Rest des Fixiermittels aufgetragen; anschließend erfolgt das sorgfältige Ausspülen des Haares mit warmem Wasser.

Bei den Fixiermitteln handelt es sich um wässrige Lösungen von Wasserstoffsuperoxyd (0,3 - 0,5%ig), von Perborat, Perharnstoff (WEIGEL, 115), Bromat (BENK, 4).

Es wurden auch Fixierungen auf die Weise ausgeführt, daß die Oxydation der Entwicklerlösung durch Luftsauerstoff mit Hilfe von Katalysatoren wie Mn, Cu, Fe erfolgt (SCHIMMEL BRIEFS, 92). Diese Salze waren bis dahin immer unerwünschte Verunreinigungen in der Kaltwell-Lösung, da sie die Autooxydation der Thioglykolsäure und eine Verminderung der Reduktionsfähigkeit herbeiführten. Bei dieser Fixiermethode dient die Autooxydationsreaktion als Begrenzungsmittel für die Reduktion des Keratins, wobei der Oxydations-Katalysator in Form einer Vorspülung oder mit der Entwicklerlösung zusammen auf das Haar gebracht werden kann.

Die Anwendungsform der verschiedenen Fixiermittel sind die Spül-, Schaum- und Spritzfixierung; bei der "Schnellfixierung" sind der Fixierlösung Netzmittel zugesetzt, welche das Fixiermittel besonders schnell eindringen lassen (ZÖTTL, 128), bei der Spritzfixierung ist die Verwendung einer Spritzpistole möglich, die an einen Druckbehälter angeschlossen ist (BELLINI, 2), daraus ergibt sich eine besonders schnelle Fixierung.

An Hand eines Fixierstreifens, welcher aus einem mit Eisenkomplexverbindungen getränkten Filtrierpapier besteht, ist zu prüfen, ob die Fixierung abgeschlossen ist. Ist das nicht der Fall, so ergibt sich eine Rotfärbung, da die Eisensalze mit der Thio-Gruppe Verbindungen eingehen (HIRSCH, 61).

e) Nun folgt die saure Spülung des Haares zur Härtung und Glanzerhöhung mittels schwacher organischer Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Weinsäure u. a., anschließend wird noch kurz mit

warmem Wasser überbraust. Das Ergebnis der Kaltwelle ist eine elastisch federnde Krause, die sich weich und gesund anfühlt.

3. Der Chemismus der Kaltwelle

Unter den oben angegebenen Voraussetzungen erfolgt durch die starke Reduktionswirkung der Thioglykolsäure in Gegenwart von Alkali eine Spaltung der Disulfidbrücken des Zystins unter Bildung von Sulfhydrilgruppen, indem die Thioglykolsäure Wasserstoff-Atome abgibt und die Disulfidbrücken in je zwei HS-Bruchstücke spaltet. Die Thioglykolsäure geht unter dieser H_2-Abspaltung teilweise in Dithioglykolsäure über.

Die in den Warmwellmitteln enthaltenen Sulfite fungieren in diesem Falle nicht als Superkontraktionsmittel, sondern als weiteres Reduktionsmittel zu dem Thioglykolat-Anteil des Präparates.

Die hydrolytische Spaltung der Salzbindungen im Keratin geschieht wie bei der Heißwelle durch das Alkali und damit sind die Querbrücken im Keratin gelöst. Somit sind schon zu Beginn des Aufrollens auf die Wickler Verschiebungen innerhalb der Molekülketten möglich, und deshalb ist bei der Kaltwelle keine besondere Spannung beim Aufwickeln notwendig; der entstandene Keratinkörper wird als Keratein bezeichnet.

Im Kaltwellverfahren spielen Quellungs- und Erweichungsvorgänge eine große Rolle, das Haar wird plastisch und verformbar (HEILINGÖTTER, 54). Das Eindringen der Flüssigkeit in das Haar geht zuerst sehr rasch vor sich (EVANS, 28), wobei sie erst die intercellulären Räume ausfüllt, dann in die intermicellären Räume eindringt und schließlich in die Micellen selbst eindringt. Die Quellung nimmt an diesem Punkt nur mehr geringfügig zu, und die Querverbindungen des Keratins werden gelöst (HEILINGÖTTER, 54); Stärke und Schnelligkeit der Quellung sind ein Maß für die krausende Wirkung der betreffenden Flüssigkeit. In den sauer eingestellten Dauerwellflüssigkeiten wird die Quellung auf ein Minimum herabgedrückt. Die rasche Wirkung der Thioglykolate konnte kein anderer Stoff erreichen (HEILINGÖTTER, 54), Zusätze zu Kaltwell-Lösungen können diese Faktoren nachteilig beeinflussen.

Die sich anschließende Fixierung in der neuen durch den Wickel gegebenen Lage erfolgt durch Oxydation, es entsteht Meta-Keratin (HIRSCH, 62), das sich vom ursprünglichen Keratin durch seine Verdaulichkeit in Fer-

menten unterscheidet. Durch die Oxydation werden die Zystein-Gruppen zu Zystin-Gruppen reoxydiert und treten zu Disulfidbrücken an neuen Ansatzpunkten zusammen. Es entstehen aber nicht ebenso viele Disulfidbrücken wie sie in unverändertem Keratin vorhanden waren, da bei der Reduktion nicht alle Disulfidbrücken in Zysteinbrücken aufgespalten werden (WALKER, 112). Vielmehr bildeten sich durch zwei nebeneinander laufende Prozesse folgende Reaktionsprodukte aus:

1) $WSSW + RSH \rightleftarrows WSH + WSSR$
2) $WSSR + RSH \rightleftarrows WSH + RSSR$

In der Gleichung bedeutet WSSW das unbehandelte Keratin mit einer Disulfidbrücke, WSH eine Zysteinendbindung.

Je nach Stellung der verschiedenen sich ergebenden Endgruppen zueinander kann die Oxydation die Bildung einer Disulfidbrücke bewirken. Liegen sich zwei WSH-Gruppen gegenüber, so ist diese Brückenbildung möglich; da jedoch auch andere Endgruppen gebildet wurden, ist damit zu rechnen, daß auch solche aufeinander treffen, welche nicht zu einer Brückenbildung im Sinne einer Disulfidbrücke im Stande sind. Die fixierende Oxydation erfolgt im alkalischen Milieu rasch, während sie im sauren Milieu der sogenannten Sauerdauerwelle sich sehr träge vollzieht (HEILINGÖTTER, 55).

Die anschließend erfolgende Neutralisation bzw. saure Spülung stellt die hydrolytisch gespaltenen Salzbrücken wieder her, und damit ist die Festigung des Haares abgeschlossen, das Ergebnis ist eine elastisch federnde, weichfallende Krause.

4. Untersuchungsergebnisse an kaltgewellten Haaren ergeben mittels chemischer Analyse eine Abnahme des Zystinschwefelgehaltes, jedoch in geringerem Ausmaß als das bei der Heißwelle der Fall war.

Die Prüfung mit Rhodamin B ergibt für kaltgewellte Haare, daß sich die Haare in den beiden ersten Tagen nach der Kaltwelle 0,6 bis 0,3 mm oberhalb der Wurzel flächenhaft und gleichmäßig weinrot anfärben ließen, drei Tage später ergab sich eine Abschwächung der Anfärbbarkeit und nach Wochen war die Kaltwellung nicht mehr nachweisbar.

Die physikalische Untersuchung ergibt eine geringfügige Minderung der physikalischen Qualitäten des kaltgewellten Haares, welche in einer Abnahme der Reißfestigkeitswerte zum Ausdruck kommt, die jedoch geringer ist als beim heißgewellten Haar; sie beträgt maximal 20 % (BRAUCKHOFF, 11).

Für die Bruchfestigkeit wurde eine Erhöhung gefunden (FRIEDERICH, 35), welche auf die Einbuße an Disulfidbrücken zurückzuführen ist.

Die Zunahme der Knotenfestigkeit beträgt 7%; die Längsquellung des kaltgewellten Haares hat nicht zugenommen (BRAUCKHOFF, 11).

Im Vergleich zur Heißwelle ergibt sich, daß die Kaltwelle etwas günstiger auf das Haar einwirkt.

IIb) Die Kaltwelle als Ursache von Haarschädigungen

Bei Abweichungen von den schon erwähnten Bedingungen zur Erzielung einer einwandfreien Kaltwelle stellt sich diese als mehr oder minder schädigend heraus.

1. Die Haarqualität erfordert eine Abstimmung der Konzentrationsstärke der Präparate, der Einwirkungszeit und der eventuell erforderlichen Wärme auf die verschiedenen Haarsorten. Die unterschiedliche Aufnahmefähigkeit von normalen Haaren, schwammigen blondierten Haaren, von dicken und dünnen Haaren erfordert eine entsprechende Veränderung der Konzentration der Dauerwell-Lösung und der Dauer der Einwirkungszeit.

Diesen Faktoren wird nicht immer Rechnung getragen, somit stellt die schlechtere Haarqualität eine Disposition zur Schädigung dar.

2. Man unterscheidet auch bei der Kaltwelle mechanische, chemische und thermische Schädigungen.

a) Mechanische Schäden ergeben sich meistens durch unsachgemäße Manipulationen beim Schneiden, Wickeln und Anbringen des Gummiringes auf dem Wickler. Daraus resultieren Cuticulaverletzungen, die bis in die Cortex reichen können, Haarknicke und Haarbrüche; schon geringfügige Verletzungen des Haares können eine Verkürzung verursachen. Da das Keratingefüge ja schon beim Aufwickeln gelockert ist, ist zu straffes Spannen des Haares hierbei besonders schädigend und hat

eine Erschlaffung des Keratinkörpers zur Folge (HANSEL, 51).

b) Chemische Schädigungen ergeben sich aus zu hoher Konzentration der Entwicklungsflüssigkeit, welche in Anbetracht der Aufnahmefähigkeit des Haares eine relative und in Anbetracht der Qualität des Präparates eine absolute sein kann; es ergibt sich mit zunehmender Alkaleszenz eine Steigerung der Quellung und Erweichung des Keratins (NOWAK, 77), welche - das notwendige Maß überschreitend - eine Schädigung der Keratinstruktur bedeutet. Bei Verwendung von Flüssigkeiten mit einem p_H-Wert über 10 werden die Peptidbindungen angegriffen (MANNECK, 72) und das Keratin zerstört. Bei höheren p_H-Werten, wie solchen über 12, werden Thioglykolsäuren zu Depilatorien (WALKER, 113); 0,5 Molar-Thioglykolsäure kann bei einem p_H-Wert von 12,5 schon in 5 Minuten Haare entfernen (MC DONOUGH, 22).

Mangelhafte Fixierung und Spülung bedeutet ein Verbleiben der reduzierenden und hydrolysierenden Entwicklungsflüssigkeit, das hat zur Folge, daß die Molekülketten-Verbindungen nicht oder nur ungenügend wieder hergestellt werden.

c) Thermische Schädigungen durch erhöhte Temperaturen ergeben sich bei Erzielung der Warmwelle oder bei Anwendung der Trockenhaube zur Erhöhung der Einwirkungsintensität bei schwer wellbarem Haar.

Auch zu niedrige Temperaturen bedeuten eine Beeinträchtigung des Ergebnisses, da zur Erzielung einer haltbaren Kaltwelle eine Mindesttemperatur von 37° bis 38° C erforderlich ist, welche sich in unterkühlten Räumen (Frühjahr und Herbst) und bei erniedrigter Temperatur nicht einstellen kann (BÖSS, 8).

3. Untersuchungsergebnisse

a) Mittels optischer Methoden lassen sich folgende Ergebnisse feststellen: Schon mittels des bloßen Auges lassen sich Schädigungen des Haares erkennen.

Für die subjektiven Charakterisierungen von Griffigkeit, Geschmeidigkeit und Glanz läßt sich bei Kaltwellschädigungen das gleiche wie bei Heißwellschädigungen feststellen. Die Qualität der Krause ist eventuell nicht federnd elastisch, weich anzufühlen, sondern hart, starr oder schlaff; das ist häufig auf die unterschiedliche Qualität der Präparate zurückzu-

führen; so neigt beispielsweise Monoäthanolamin-Thioglykolat zur Bildung von harten unelastischen Krausen (HEILINGÖTTER, KOMAROMY, 57).

Auch Überheizung, zu starke Einwirkungsintensität und Verwendung zu dünner Wickler kann eine schlechte Krausung in Form der sogenannten "Kreppkrause" hervorrufen (WALKER, 112). Eine schlaffe oder eine sich rasch aushängende Krause ergibt bei zu geringer Einwirkungszeit, Konzentration und p_H der Entwicklungslösung, zu niedrigen Temperaturen, mangelhafter Fixierung und Spülung und durch Überdehnung beim Wickeln.

Mechanische, thermische und chemische Schädigungen können eine Verminderung der Haarfülle herbeiführen, die entweder unmittelbar nach der Kaltwellung auftritt oder sich durch Hinzutreten von zivilisatorischen Traumen ergibt. Alopecie nach Kaltwelle wurde von zahlreichen Autoren beobachtet; es traten ein oder mehrere verschieden große haarlose Bezirke auf (STADELBAUER, 106), wobei die Haare kurz über der Kopfhaut abgebrochen waren. Temporärer Haarverlust nach Anwendung einer thioglykolathaltigen Heimkaltwelle wurde beschrieben (REICHES und PARKER, 87), wobei zu der Erweichung der Haarwurzel durch die Kaltwell-Lösung ein mechanisches Trauma durch zu straff angezogene Wickler kam.

Haarschaftschädigungen mit Haarknickung und Haarbruch führten zu scheibenförmigem Haarausfall, als nach nach einer Heißwellung eine unsachgemäße Kaltwellung durchgeführt wurde (FREUND, 31). Durch Verdrehungen des Haares beim Aufwickeln entstehen wie bei der Heißwelle Bilder, die Ähnlichkeit mit den Pili torti und der Trichokinesis haben, solche Haare zeigen erhöhte Glanzeffekte, sind aber in ihrer Qualität gemindert. Die auch makroskopisch erkennbaren Haarschafterkrankungen der Trichoptilosis, Trichorrhexis nodosa, der Trichoclasie und Trichonodosis, welche auf die erhöhte Fragilität des dauergewellten Haares zurückzuführen sind, lassen sich bei mikroskopischer Beobachtung deutlich erkennen; ihr Auftreten bzw. ihre Exazerbation nach einmaliger oder öfterer Kaltwellung wird vielfach beschrieben (BRUDER, 14, FRIEDERICH, 38, 39, 40, 41, HALLA und FRIEDERICH, 50, 36, BIANCO, 5, BUSANNY - CASPARI, 15 und POLEMANN, 84).

Das Aussehen dieser Haarschafterkrankungen wurde bei der Heißwelle geschildert und durch Bildmaterial belegt (Abbildung 9, 10, 11, 12, 13, 14).

Die Verbiegungen des Haarschaftes (Abbildung 4), Cuticula-Verletzungen (Abbildung 5 und 17) und Bruchstümpfe (Abbildung 6) nach unsachgemäßen mechanischen Manipulationen entstehen bei der Kaltwellung unter den gleichen Bedingungen wie bei der Heißwelle. Mikroskopisch faßbar sind auch die Folgen mangelhafter und oberflächlicher Fixierung, welche zur Zerstörung der Keratinstruktur führen (Abbildung 19 und 20).

Das Ergebnis des Abtropfens von Dauerwellflüssigkeit auf die Kopfhaut ist eine Wurzelschädigung und -spaltung (Abbildung 16), die durch verstärkten Haarausfall eine Einbuße der Haarfülle nach sich zieht.

Durch erhöhte Alkaleszenz entsteht ein aufgequollenes, stark geschädigtes Haar (Abbildung 18).

Im Polarisationsmikroskop erkennt man stärkere Schädigungen, Hohlraumbildungen und erhöhte Porosität durch Veränderungen der Quellung in Flüssigkeiten an den entsprechenden Stellen (KEIL, 66).

b) Die Kaltwellschädigungen erfahren ihren Niederschlag in der Verminderung der physikalischen Eigenschaften des Haares. Es ergibt sich eine Herabsetzung der Feinfaserfestigkeitsprüfwerte; die Reißfestigkeit war bei dreimaliger Behandlung maximal 30 % herabgesetzt, bei dreimaliger Behandlung und zusätzlicher Blondierung maximal 35 % herabgesetzt; eine geringe Zunahme der Längsquellung, je nach Schädigungsgrad (BRAUCKHOFF, 13) war die Folge, und eine Zunahme der Knotenfestigkeit bis 25 % als Ausdruck der erhöhten Sprödigkeit des Haares resultierte.

c) Chemische Untersuchungsergebnisse zeigen eine Differenz zu den Ausgangswerten an Zystinschwefelgehalt, Aminostickstoff; die eingangs erwähnten färbetechnischen Nachweismethoden werden je nach Schädigungsgrad mehr oder weniger deutlich positiv.

C. DIE FÄRBUNG DES HAARES

Eine Färbung des Haares erfolgt mit Hilfe verschiedener Verfahren, welche alle eine Erhöhung des Farbeffektes des Haares zum Ziele haben. Grundsätzlich unterscheidet man folgende Farbänderungsmittel:

Färbemittel, Tönungsmittel und Bleich- oder Blondiermittel.

Die Tönungs- und Färbemittel ergeben Farbvertiefungen durch Hinzutreten von Farbstoffen, während die Bleichmittel eine Aufhellung der Haarfarbe unter Zerstörung der vorhandenen natürlichen Pigmente bewirken.

Jedoch darf bei einer solchen "Verschönerung" die pflegerische Seite nicht vergessen werden, welche durch die Beschränkung unerwünschter Nebenreaktionen auf das erforderliche Mindestmaß gewährt wird.

Die Forderungen nach Präparaten mit pflegender Nebenwirkung ließen eine Reihe von Farbänderungsmitteln auf dem Markt erscheinen, an deren Qualität nichts auszusetzen ist. Die in Deutschland bekanntesten Firmen sind folgende: Firma Schwarzkopf in Hamburg, Kleinol in Bad Segeberg, Wella in Darmstadt, Therachemie in Düsseldorf, Fuva in München, Kadus in Lenzkirch und L'Oreal in Karlsruhe.

Neben einer möglichst geringen Schädigung von Haaren und Kopfhaut werden von einem guten Präparat die Zuträglichkeit für den Gesamtorganismus, eine einfache Handhabung und ein tragbarer Preis verlangt; zur Erzielung eines den heutigen Anforderungen entsprechenden Färberesultates sind folgende Faktoren von wesentlicher Bedeutung:

die Diffusion der Farbstoffe in das Haar,
die Fixierung der Farbstoffe im Haar,
Echtheitseigenschaften der Färbung.

Die Diffusion der Farbstoffe in das Haar ist in erster Linie von der Molekülgröße abhängig, da einer Beschleunigung und Verstärkung der Diffusion durch stärkere Temperaturerhöhung und Quellung im Rahmen der physiologischen Bedingungen Beschränkungen auferlegt sind.

Als "kritische" Molekülgröße wurde ein Durchmesser von 6 Å gefunden (WILMSMANN, 121), die Penetration von Molekülen mit einem größeren

Durchmesser in den Cortexbereich ist durch eine Barriere gehindert, die wahrscheinlich der Subcuticula zuzuschreiben ist. Die gefundene kritische Molekülgröße zeigt die ungewöhnlich günstigen Eigenschaften der bis heute unersetzlichen Oxydationsfarbstoffe.

Von der Färbung werden folgende Eigenschaften gefordert (WILMSMANN, 120):

a) Lichtechtheit; die Notwendigkeit, wegen des Haarnachwuchses alle 4 - 6 Wochen zu färben, begrenzt die Forderung der Lichtechtheit etwas.
b) Echtheit gegen kosmetische Behandlungen; die Haarfärbung muß beständig sein gegen Dauerwellmittel im sauren und alkalischen Medium, gegen die anschließend erfolgende Fixierung, p_H-Schwankungen zwischen 3 - 10 dürfen keine Veränderungen bewirken.
c) Naß-, Wasch-, Schweiß- und Reibfestigkeit; diese Eigenschaften müssen hervorragend sein.
d) Echtheit gegen Haarfärbemittel; diese Eigenschaft führt zur Verhinderung von Farbadditionen an schon gefärbten Haaren, was bei der Nachwuchsfärbung eine Rolle spielt.
e) Verhalten gegen Abzieh- und Bleichmittel; im Falle von Fehlfärbungen muß eine Entfernung der Haarfarbe möglich sein.

Die Haarfärbemittel werden in drei Gruppen unterteilt:

Pflanzenhaarfarben
Metallhaarfarben
Chemisch-synthetische Haarfarben.

I. Die Pflanzen- und Metallhaarfarben

Die Pflanzenfarben sind die ältesten Haarfärbemittel und sind heute fast völlig vom Markt verschwunden. Es handelt sich bei diesen Pflanzenfarbstoffen um Extrakte aus verschiedenen Farbpflanzen, als deren Hauptvertreter auch heute noch Henna zu bezeichnen ist. Dieses arabische Wort bezeichnet die getrockneten, pulverisierten Blätter des Strauches Lawsonia inermis. Henna liefert Rottöne durch seinen Gehalt an Oxy-Naphthochinon (ROTHEMANN, 88) und wirkt infolge seines Gehaltes an Gerbsäure auf das Haar adstringierend. Seine großen Farbstoff-Moleküle dringen nur schwer in das Haar ein.

Es kam in folgender Form zur Anwendung: Ein heiß angerührter Hennabrei wurde auf das Haar aufgetragen und dann abgedeckt, dort etwa 5 bis 10 Minuten dieser feuchten Hitze ausgesetzt und anschließend mit Wasser abgespült. Eine haltbare Färbung im heutigen Sinne ist mit Henna nicht zu erreichen, daher findet man es nur noch als rotfärbenden Zusatz zu den sogenannten Haartönungsmitteln.

Reng nennt man die gemahlenen Blätter des Indigostrauches, welche einen blauen Farbstoff enthalten und zur Schwarzfärbung verwendet wurden. In der Mischung mit Henna ergaben sich Brauntöne verschiedener Farbstufen.
Weitere Pflanzenfarbstoffe sind Katechu, Blauholzextrakt, Kamille, Rhabarber, Nußschalen u. a.

Die Applikationsformen dieser Stoffe war jedoch so umständlich, zeitraubend und wenig haltbar, daß sie als Färbemittel heute völlig in den Hintergrund getreten sind und lediglich im Gemisch mit anderen Färbemitteln Verwendung finden.

An ihre Stelle traten die Metallhaarfarben, welche in Form von Metallsalzniederschlägen auf dem Haar und Sulfidbildung mit dem Schwefel des Haares farbgebend wirken. So kamen beispielsweise Sulfate und Nitrate von Silber, Eisen, Kobalt, Wismuth, Blei, Kupfer, Nickel u. a. zur Anwendung, meistens in Mischungen mit den erwähnten Pflanzenfarben.

Man stellte aggressiv wirkende Färbemittel her, welche durch Zugabe von Reduktionsmitteln sofort die gewünschte Haarfarbe entwickelten und die progressiv wirkenden, sogenannten "Haarfarbewiederhersteller", die während einer allmählichen langsamen Reaktion mit dem Schwefel des Haares im Verlauf von Wochen die Haarfarbe "wiederherstellten" (WINTER, 122).

Diese Metallsalzfärbungen erzeugten auf dem Haar einen Überzug von Metallen, welcher eine durchaus ungünstige Wirkung auf das Haar entfaltete.

Das Färbeergebnis war neben dem Nachlassen des Glanzes ein unnatürlicher metallischer Schimmer und eine deutliche Verschlechterung der Haarqualität; das Haar war stumpf und brüchig geworden. Mit dem Aufkommen der Dauerwelle trat als weiterer wesentlicher Nachteil die Tat-

sache hinzu, daß metallsalzgefärbte Haare nicht dauerwellfähig sind. Verfärbungen, Verbrennungen und Haarverlust waren das Resultat.

Aus diesen physiologischen und anwendungstechnischen Gründen traten die Metallfarben völlig in den Hintergrund, sie machen - in Verbindung mit den Pflanzenfarben - heute kaum noch 5% des Marktes aus (SCHWEISHEIMER, 102) und haben mit einer Färbung im heutigen Sinne des Wortes nichts Gemeinsames mehr (PREISINGER, 85).

II. Die chemisch-synthetischen Farbstoffe

genügten den an ein gutes Färberesultat gestellten Anforderungen weitaus am besten.

Zur Verwendung kommen heute an erster Stelle die sogenannten Oxydations- oder Entwicklungsfarbstoffe und ferner die Azo-Farben.

1. Auf dem Gebiet der Azo-Farben (Farben vom "sulfonated azo type") ist viel experimentelle Arbeit geleistet worden (SCHWEISHEIMER, 102), um Haarfärbemittel herzustellen, welche ohne Oxydation färben; sie erfordern jedoch mehrere Anwendungen hintereinander, um eine gute Färbung zu erzielen, daher sind sie nicht von solcher Bedeutung wie die Oxydationsfarbstoffe.

2. Die Oxydations- oder Entwicklungsfarbstoffe sind die heute gebräuchlichsten Haarfärbemittel, welche allen Anforderungen an ein gutes Färberesultat genügen. Es handelt sich um praktisch farblose Substanzen, welche sich erst durch Oxydation im Haar zu einem Farbstoff entwickeln (von zur GATHEN, 45).

Die heute üblichen Farbpasten (THERACHEMIE, 110) in Creme- oder Geleeform sind wesentlich günstiger als die früheren Farbflüssigkeiten, da sie eine Vereinfachung der Färbemethode, die Färbesicherheit und die Zusatzmöglichkeit pflegerischer Mittel wie Lanolin und Cholesterin gewährleisten.

Grundstoffe der Oxydationsfarben sind die Ursole (BÖSS, 6), das sind aromatische Amine und Aminophenole, welche infolge ihrer geringen Molekülgröße in der Lage sind, auf die zu färbende Faser aufzuziehen. Das erste Mittel dieser Art war das Paraphenylendiamin, das als idealer Farbgebner betrachtet werden kann; es hat ein rasches Aufziehvermögen und entwickelt sich im Haar zu einer intensiven Farbe (PREISINGER, 85). Wegen seiner sensibilisierenden und toxischen Wirkung wurde es in mehreren Ländern, dar-

unter auch in Deutschland, verboten, jedoch in Amerika bei rund 95% aller Haarfärbungen, die von beruflichen Haarfärbern ausgeführt werden, angewendet.

Anstelle des Paraphenylendiamins trat ein Abkömmling desselben, nämlich das Para-Toluylendiamin; dieser Grundstoff und viele verwandte Verbindungen und Mischungen derselben bilden die Grundlage der umfangreichen Nuancenskala modemer Haarfärbemittel (PREISINGER, 85).

Als direkt ziehende, d. h. unverändert färbende Stoffe zur Nuancierung dienen auch einige einfache Nitrofarbstoffe, die intensive Färbungen ergeben. Sie werden auch zur Herstellung von sogenannten Haartönungsmitteln verwendet, welche die natürliche Haarfarbe effektvoll auffrischen und egalisieren. Neben Oxydationsfarbstoffen und direkt ziehenden Nitrofarbstoffen enthalten diese Tönungsmittel oft Zusätze von Pflanzenfarben und Azo-Farben.

Die handelsüblichen Präparate sind entweder flüssige, ammoniakalische Seifen oder bestehen aus alkalisch eingestellten Fettalkoholsulfonaten in flüssiger oder Pasten-Form, welche unter Verwendung von Stabilisierungsmitteln haltbar gemacht werden (BÖSS, 7). Die Farbintensität der Tönungen läßt infolge der schwächeren Wirkung allmählich nach.

Zur Stabilisierung der Oxydationshaarfarben dienen Reduktionsmittel wie Natrium- und Kaliumsulfit, Natrium-Hydrosulfit, Rongalit (v. zur GATHEN, 45) und auch Thioglykolate (STEVENS, 107), die alkalische Einstellung erfolgt mit Hilfe von Ammoniak, wobei ein p_H-Wert von 9 nicht überschritten wird (THERACHEMIE, 110).

In der Literatur findet man Aufstellungen über die zahlreichen verwendbaren Farbengrundstoffe (v. zur GATHEN, 44, BÖSS, 6), die genauen Zusammensetzungen von Haarfärbemitteln werden von den Herstellerfirmen geheimgehalten.

Falls gleichzeitig mit der Färbung eine Dauerwellung durchgeführt werden soll, muß folgende Regel beachtet werden: Erst Heißwellen, dann Färben und zuerst Färben, dann Lau- oder Kaltwellen!

Vor der Färbung muß eine Empfindlichkeitsprobe durchgeführt werden.

Arbeitsgang einer Färbung:
Bei schwierig zu färbendem, hartem, glasigem Haar wird eine Vorbeize oder Vorpigmentierung vorgenommen.

Die Vorbeizung wird mit 6%igem Wasserstoffsuperoxyd durchgeführt, dem einige Tropfen Salmiakgeist zugesetzt werden. Nach etwa 15 Minuten wird das so behandelte Haar leicht getrocknet und weiterbehandelt.

Die Vorpigmentierung wird mit der Farbcreme der gewählten Nuance ohne Zugabe von Wasserstoffsuperoxyd durchgeführt, wobei eine geringe Menge 15 Minuten lang auf die entsprechenden Haarpartien einwirkt. Die Weiterbehandlung erfolgt wie beim üblichen Färbeprozeß (SCHMIDT & LEHMBERG, 94).

Bei der üblichen alkalischen Einstellung der Haarfarben erübrigt sich im allgemeinen die sogenannte Vorbeizung. Nun erfolgt die Zubereitung der Farbcreme, wobei der Creme 6%iges Wasserstoffsuperoxyd oder ein anderes geeignetes Oxydationsmittel in jeweils vorgeschriebener Menge zugesetzt wird. Diese Mischung von Farbcreme mit dem Oxydationsmittel ist möglich, weil der Prozeß der Farbstoffbildung nicht sofort abläuft, sondern eine gewisse Zeit erfordert.

Dann erfolgt sofort das Auftragen der Farbe, und zwar werden die besonders aufnahmefähigen Haarpartien an den Spitzen-, Stirn- und Schläfenpartien grundsätzlich zuletzt gefärbt.

Die Einwirkungszeit beträgt 20 bis 30 Minuten nach erfolgtem Auftragen der Farbe, sie muß zwischendurch kontrolliert werden. Durch die Verwendung der Haarsauna verkürzt sich die Einwirkungszeit auf etwa 10 bis 12 Minuten (WELLA, 118).

Anschließend wird das Haar gründlich mit warmem Wasser ausgespült und eine saure Nachspülung durchgeführt.

Der Chemismus der Färbung:

a) Bei sachgerechter Anwendung

Durch besondere mikropräparative Methoden wurde es ermöglicht, den Ablauf des Färbevorganges unter dem Mikroskop zu beobachten und sogar kinematographisch festzuhalten (PREISINGER und DRÄGER, 68 und PREISINGER, 85), und zwar konnte der Färbevorgang sowohl am Haarschaft als auch an Haarquerschnitten strukturell unterschiedlicher Haarteilstücke verfolgt werden.

Nach der Berührung zwischen Färbeflotte und Färbegut setzt die Lösungsmittel-Diffusion in das Haar ein. Die Diffusionsfront schreitet vom Rande

her bis zum Markkanal hin schnell weiter, dann füllen sich allmählich auch die Markzellen mit Flüssigkeit an; mit der Lösungsmitteldiffusion läuft eine Quellung des Haares parallel (Abbildung 22a, b, c, 21a, b, c, 23a, b, c).

Während dieses Vorganges ist auch das Oxydationsmittel in das Haar eingedrungen, während die Farbbildner infolge größerer Moleküle langsam folgen.
Während der nun einsetzenden oxydativen Entwicklung des Farbstoffes, die verhältnismäßig langsam abläuft, treten die kleinen beweglichen, wasserlöslichen Moleküle zusammen, verbinden und kuppeln einander in den intermicellaren Hohlräumen des Haares zu wasserunlöslichen, höhermolekularen farbigen Verbindungen vom Typus der Phenazine und Oxazine (WILMSMANN, 120), und zwar erfolgt diese Oxydation stufenweise (WITTENBERGER, 123).
Da die gebildeten Oxydationsprodukte wasserunlöslich sind, sind sie echt fixiert; es ist noch ungeklärt, ob sich daneben noch andere Bindungen ausbilden, jedoch ist eine Beteiligung der Keratinbindungen an dieser Oxydationsreaktion anzunehmen (WILMSMANN, 120).

Das schnelle Ablaufen des Diffusionsvorganges gegenüber dem langsamen Oxydationsprozeß gibt die Gewähr für ein gleichmäßiges Aufziehen der Farbbildner auf strukturell unegale Haare und für die zur Erzielung einer guten "Deckkraft" notwendigen Eindringungstiefe der Farbbildner (PREISINGER, 85).

Nach einigen Minuten Einwirkungszeit zeigen sich die ersten Anzeichen der Anfärbung des Haares von außen her, nach 5 Minuten etwa ist die Cuticula intensiv eingefärbt (Abbildung 22d, 23d, e).
Spitzenteile der Haare färben sich rascher und intensiver an.

Nach der Anfärbung der Cuticula zeigt sich eine allmähliche Anfärbung der Cortex von den Außenbezirken her (Abbildung 22f).

Die Diffusion der direkt ziehenden Farbstoffe erfolgt schneller als die der Oxydationsfarbstoffe.

Nach 25 bis 30 Minuten (Abbildung 23f) hat die Anfärbung etwa die Hälfte des Haarquerschnittes erfaßt, und ist als beendet zu betrachten (PREISINGER, 85). Ein Vordringen des Farbstoffes in die zentralen Anteile der Cortex wurde nicht beobachtet (FRIEDERICH, 35). Die Farbstoffverteilung im Haar ist homogen mit von außen nach innen fallender Konzentration,

wobei die Cuticula am kräftigsten angefärbt wurde.

Diese Färbung bleibt auch nach dem Spülvorgang erhalten, durch den die überschüssige Farbe ausgewaschen und das Haar klar gespült wird.

Im Unterschied zur natürlichen Haarfarbe, bei der die Cuticula niemals angefärbt ist und die Farbe in Granulationen auftritt, ist die künstliche Färbung eine diffuse, wobei die Cuticula am stärksten angefärbt ist.

Untersuchungsergebnisse des unter schonenden Bedingungen mit Oxydationsfarbstoffen gefärbten Haares zeigen nur eine geringfügige Veränderung seiner physikalischen Qualitäten, die durch die periphere Anfärbung der Cortex bedingt ist (FRIEDERICH, 35) und eine Veränderung der Feinfaserfestigkeitsprüfwerte ergibt.

Die Abnahme der Reißfestigkeit beträgt ungefähr 4%, die Längsquellung ist unverändert (BRAUCKHOFF, 11).

b) Schädigungen des Haares durch die Färbung

In Anbetracht der strukturellen Unterschiede der einzelnen Haare, die physiologische Gegebenheiten und Behandlungsfolgen sein können, ist auch durch die schonende Färbung mit Oxydationsfarbstoffen die Möglichkeit einer Schädigung gegeben.

Es handelt sich hier um chemische Schädigungen durch das alkalische Milieu und die oxydative Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd oder anderen Oxydationsmitteln.

Diese Schädlichkeiten ergeben sich bei zu hoher Alkalität des Farbpräparates und zu starker Konzentration des Oxydationsmittels, woraus sich eine starke Quellung des Keratins und seine Zerstörung ergeben kann. Dieselben Schädigungen ergeben sich, falls die Konzentration und der p_H-Wert der zur Färbung verwendeten Chemikalien nicht auf die Saugfähigkeit der verschiedenen Haarsorten abgestimmt wurden; eine mangelhafte saure Nachspülung läßt ein glanzloses, mehr oder minder aufgequollenes Haar zurück, in dem die verbliebenen Chemikalien abbauend wirken.

Diese Schädigungen ergeben sich meistens als Folge unzweckmäßiger Selbstfärbungen im Heimgebrauch (GOLDEMBERG, 47) und bei groben technischen Fehlern des ausführenden "Fachmannes" im Friseursalon.

Das sichtbare Ergebnis ist oftmals ein glanzloses, sprödes, eventuell schwammiges unelastisches Haar.

Abgesehen von den Fehlfärbungen, welche durch unzweckmäßige Nuancierung auftreten, ergeben sich durch die Dauerwelle, falls diese in einem Arbeitsgang mit der Färbung durchgeführt wird, dadurch Fehlfärbungen und Schädigungen des Haares, daß eine Heißwelle im Anschluß an die Färbung oder eine Kaltwelle unmittelbar vor der Färbung vorgenommen wurde.

Diese Schädigungen können wiederum der Ausgangspunkt für die schon beschriebenen Bilder der Trichoptilosis, Trichoclasie, Trichorrhexis nodosa und Trichonodosis sein (FRIEDERICH, 40 und BIANCO, 5), sowie eine starke Beeinträchtigung der Haarfülle bedeuten.

Anhand der physikalischen Untersuchungen solchermaßen strapazierten Haares zeigt sich eine Verminderung der Festigkeitseigenschaften.

Die Reißfestigkeit nimmt etwa 15% ab (BRAUCKHOFF, 11); die Längsquellung nimmt zu.

Chemisch sind Färbeschäden ebenfalls nachweisbar, vor allem mit Hilfe der Alkalilöslichkeit nach Harris und der Diazoreaktion nach Pauly.

III. Bleichmittel

Mit Hilfe der Bleichmittel wird eine oxydative Aufhellung der natürlichen Haarpigmente erzielt. Als Oxydationsmittel wird Wasserstoffsuperoxyd in 6- bis 8%iger Lösung verwendet, außerdem Harnstoffsuperoxyd, Perborat u. a.; die günstigste Applikationsform ist die Bleich- oder Blondiercreme, in welcher die Wasserstoffsuperoxyd-Konzentration auf maximal 6,4% beschränkt und durch Zusätze stabilisiert ist. Wie die Cremehaarfarben ist auch die Blondiercreme mit Ammoniak alkalisch eingestellt; in diese Creme sind Schutzstoffe und Pflegemittel für das Haar eingearbeitet.

a) Das Auftragen der Blondiercreme erfolgt in ähnlicher Weise wie das Auftragen von Farbcremes.

Während der Einwirkung des Bleichmittels auf das Haar ergibt sich neben der allmählichen Aufhellung (Abbildung 24a, b, c, d) ein oxydativer Angriff der Keratinbindungen.

Die Wasserstoffsuperoxyd-Aufnahme steigt mit zunehmender Einwirkungsdauer an. Das Wasserstoffsuperoxyd wird durch Amino- und Carbamino-

Gruppen physikalisch gebunden (EDMAN und MARTI, 24).

Es erfolgt ein partieller Zusammenbruch der Disulfidbindungen und auch der Peptidbindungen (EDMAN und MARTI, 24). Aus den Disulfidbindungen werden saure Gruppen gebildet und einige dieser Verbindungen sind wasserlöslich (FLESH, 29); die saure Behandlung mit Lösungen von p_H 2,0 bis 3,8 des gebleichten Haares fällt die wasserlöslichen Anteile innerhalb des Haarschaftes aus und macht so das Haar widerstandsfähiger gegen die spätere Wassereinwirkung; dieser sauren Behandlung kommt wesentliche Bedeutung zu, da die Einwirkung des Oxydationsmittels nach Beendigung des Bleichvorganges nicht aufhört, sondern bei jedem Waschvorgang wieder auftritt (FLESH, 29).

Gebleichtes Haar zeigt folgende Untersuchungsergebnisse:
Das Haar sieht nach Abschluß der Blondierung infolge Verschlechterung seiner physikalischen Eigenschaften starr und trocken aus. Die Reißfestigkeit nimmt um ca. 15% ab (BRAUCKHOFF, 11) und die Längsquellung nimmt zu. Die Alkalilöslichkeit ergibt Abweichungen vom vorherigen Wert.

b) Schädigungen durch Bleichmittel

Schädigungen durch Bleichmittel sind recht häufig zu finden.
Zu lange Einwirkungszeit erweist sich besonders schädigend auf das Haar, linear mit der Einwirkungszeit wächst die Alkalilöslichkeit an (EDMANN und MARTI, 24). Das überbehandelte oder schlecht gespülte Haar sieht spröde, schwammig und leblos strohig aus und ist stark brüchig. Haarschaftversetzungen und Haarschafterkrankungen sind die Folge solcher Behandlung.

Die Spitzen sind aufgesplittert (Abbildung 25), oftmals bricht das Haar beim Kämmen büschelweise ab, es kommt unter Umständen bis zur Zerstörung des gesamten Haares (Abbildung 26).

Die sichtbaren Haarschafterkrankungen der Trichoptilosis, Trichorrhexis nodosa u. a., die schon beschrieben worden sind, finden sich besonders häufig nach Blondierungen des Haares.

Die Reißfestigkeitswerte haben stark abgenommen; die Knotenfestigkeit und Längsquellung nehmen zu, und zwar stärker als bei Alkalischäden (BRAUCKHOFF, 11).

Die Alkalilöslichkeit nach Harris steht deutlich in linearer Beziehung zur Einwirkungszeit und beweist neben der Disulfidbrücken-Sprengung eine partielle Sprengung der Peptidbindungen (EDMAN und MARTI, 24).

Mit Hilfe der Kupfer-Aufnahme-Bestimmung ergibt sich das Ausmaß der oxydativen Schädigung durch Auftreten einer grünen Färbung (EDMAN und MARTI, 24).

Gegenüber ungebleichtem Haar weist gebleichtes Haar ein eindeutig vermindertes Säurebindungsvermögen auf (FREYTAG, 33).

Im Vergleich zu den Oxydationsfärbungen kann gesagt werden, daß Bleichungen das Haar viel stärker schädigen und schwächen als die Färbung.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde über die Veränderungen des Haares durch Heißwelle, Kaltwelle und Färbung berichtet.

Zunächst wurde ein Überblick über das Haar als strukturelle Einheit mit spezifischen meßbaren Eigenschaften gegeben. Mit der Darstellung dieser Fakten am kosmetisch unbehandelten Haar, welche im Rahmen physiologischer Unterschiede eine gewisse Schwankungsbreite zeigen, läßt sich eine Relation zu den Veränderungen bis Schädigungen leichteren und schwereren Grades herstellen.

Es zeigte sich, daß jede kosmetische Haarbehandlung - auch unter schonendsten Bedingungen - Eingriffe in die Struktur des Haares bedeuten, welche ihren Niederschlag in einer Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften des Haares finden.

Mit Hilfe der Mechanochemie lassen sich die an die Struktur der Cortex gebundenen Festigkeitseigenschaften und deren Veränderungen erfassen.

Die Untersuchungsergebnisse der Feinfaserfestigkeitsmessungen geben Einblick in die Struktur des Haares, und zwar vor und nach kosmetischer Behandlung.

Damit stellt die Mechanochemie ein wertvolles Hilfsmittel der Diagnostik von von Strukturveränderungen des Haares dar, welche noch nicht als Schädigungen zu betrachten sind, und damit ist sie von großer Bedeutung für deren Prophylaxe.

Bei Überschreitung der zur Erzielung eines befriedigenden Heißwell-, Kaltwell- und Färbeergebnisses minimal erforderlichen Umsetzungen im

Keratin ergeben sich Veränderungen oder Schädigungen der Haarstruktur, die auch makroskopisch, mikroskopisch und chemisch erfaßbar werden.

In den meisten Fällen liegen solchen Schädigungen unsachgemäße, fahrlässige Manipulationen des Ausführenden zugrunde, welche mechanische, chemische und thermische Schädigungen des Haares resultieren lassen.

Bei Haarschafterkrankungen wie Trichoptilosis, Trichorrhexis nodosa, Trichonodosis, Trichoclasie, welche entweder eine direkte Folge von kosmetischen Haarbehandlungen sind oder durch Hinzutreten von banalen, zivilisatorischen Traumen ausgelöst werden, ermöglichen diagnostische Untersuchungen keine Prophylaxe mehr.

Es ist daher notwendig, den Menschen vor mißverstandener oder falscher Kosmetik zu schützen, das ist nur durch Aufklärung des Kundenkreises im Friseursalon (Warnung vor Heim-Präparaten), durch Kenntnisse des Friseurs in Fachchemie und Warenkunde der kosmetischen Präparate und deren Wirkung auf das Haar, und durch genaue Diagnostik der vorliegenden Haarqualität gewährleistet. Letztlich gilt diese Forderung den Chemikern der kosmetischen Industriebetriebe, welche aus den Ergebnissen und Schädigungen durch kosmetische Haarbehandlung Konsequenzen dahingehend zu ziehen haben, stets um neue Verbesserungen in der Herstellung von Präparaten mit pflegender Nebenwirkung bemüht zu sein.

"Dem Gebiet der Haarbehandlungsmittel kommt heute, ungeachtet der Tatsache, daß es eine große Entwicklungsfreudigkeit besitzt, ihm unstreitig ein wirtschaftlicher Erfolg beschieden ist und durch eine zielstrebige, einschlägige Grundlagenforschung im Rahmen des Möglichen viel getan wird, noch nicht der ihm eigentlich zustehende wissenschaftliche Fortschritt zu" (FREYTAG, 32).

LITERATURVERZEICHNIS

1. ARNOLD, W.: 20 Jahre Kaltwelle, Deutscher Friseurkalender, 228 - 232, (1961)

2. BELLINI, A.: Verfahren zur schnellen Fixierung von Dauerwellen des Haares (Pat.), Parfümerie und Kosmetik 40, (1959)

3. BENK, E.: Neuartige Dauerwellmittel, Seifen, Öle, Fette, Wachse 77, 185 - 186, (1950)

4. BENK, E.: Fixieren von Kaltwell-Lösungen, SÖFW 77, 205, (1950)

5. BIANCO, O.: Das Haar und seine Krankheiten, Köln, Ross-Verlag o.H.G., (1954)

6. BÖSS, J.: Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung der modernen Haarfarben, SÖFW 77, 307 - 313, (1950)

7. BÖSS, J.: Haartönungsmittel, SÖFW 77, 431, (1951)

8. BÖSS, J.: Kaltwelle und Raumtemperatur, SÖFW 78, 633 - 634, (1952)

9. BÖSS, J.: Kopf- und Haarpflegemittel. 3. Dauerwellpräparate mit besonderer Berücksichtigung von Thioglykolsäure, Thioglyzerin und Thiomilchsäure, SÖFW 78, 242 - 245, 277 - 280, 298 - 299, 329 - 330, (1952)
SÖFW 80, 205 - 206, (1954)
SÖFW 80, 233 - 235, (1954)
SÖFW 80, 256, 281 - 282, (1954)
SÖFW 80, 303 - 304, (1954)
SÖFW 81, 119 - 120, (1955)
SÖFW 81, 766, (1955)
SÖFW 87, 473 - 474, (1961)
SÖFW 87, 504 - 505, 531, 556 - 557, 581 - 582, 615 - 617, (1961)

10.	BRANSON, H. R.:	s. PAULING (82)
11.	BRAUCKHOFF, H.:	Physikalische Untersuchungen an menschlichen und tierischen Haaren, Parfümerie und Kosmetik 38, 399 - 402, (1957) und Parf. u. Kosm. 38, 573 - 581, (1957)
12.	BRAUCKHOFF, H.:	b. FRIEDERICH (35)
13.	BRAUCKHOFF, H.:	Über die Veränderungen der Längsquellungseigenschaften des Haares in Abhängigkeit von Zeitdauer und Konzentration von auf das Haar einwirkenden Chemikalien, Parf. und Kosm. 40, 277 - 280, (1959)
14.	BRUDER, K.:	Schäden durch Kaltwelle, Zs. für Haut- u. Geschl. krht., 12, (1949), b. SÖFW 77, 102, (1950)
15.	BUSANNY - CASPARI, M.:	Der Einfluß der Kalt- und Warmwelle auf das Haar, Düsseldorf, med. Diss., (1951)
16.	COOK, M.:	Moderne Oxydationshaarfärbemittel, Drug Cosmet. Ind. 87, 764 - 765, 846 - 847, (1960), b. Parf. u. Kosm., 283, (1961)
17.	COREY, R. B.:	s. PAULING (82)
18.	COREY, R. B.:	s. PAULING (80)
19.	COREY, R. B.:	s. PAULING (81)
20.	DANFORTH:	b. HIRSCH (58)
21.	DANFORTH:	b. FRIEDERICH (35)
22.	Mc DONOUGH, E. G.:	American Perfumer and Essential Oil Review, Nov. 1947, b. WALKER, Parf. u. Kosm. 38, 69 - 72, (1957)

23.	DRÄGER, H.:	s. PREISINGER (86)
24.	EDMAN, W. W. und MARTI, M. E.:	Properties of Peroxide-Bleached Hair, J. of the Soc. of Cosmetic Chemists, Vol. XII, No. 3. April, (1961)
25.	ELÖD, E. und ZAHN, H.:	b. HIRSCH (58)
26.	ERLEMANN, G.:	Wissenschaftlich-chemische Probleme in der Haarkosmetik, Parf. u. Kosm. 41, 32, (1960)
27.	ETTL, H.:	Kosmetik und Psyche, Ärztl. Kosm. 1, 10 - 14, (1955)
28.	EVANS, R.:	Thioglykolsäure-Verbindungen und ihr Einfluß auf das Haar, Proc. Sci. of the T.G.A. 10, (1948), b. SÖFW 77, 540, (1950)
29.	FLESH, P.:	Schutz des mit H_2O_2 gebleichten Haares mit sauren Lösungen, American Perfumer and Aromatics, Mai 1960, 25, b. SÖFW 86, 601, (1960)
30.	FRASER, R. D. B., Mc. RAE, T. P. und ROGERS, G. E.:	Struktur des α-Keratins, Nature 183, 592, (1959)
31.	FREUND, F.:	Scheibenförmiger Haarausfall durch Kaltdauerwelle, Wiener klin. Wschr. 63, 278 - 279, (1951), b. KRAMER, E.: Parf. u. Kosm. 39, 94, (1958)
32.	FREYTAG, H.:	Über den heutigen Entwicklungsstand von Haarkosmeticis, Aesthet. Medizin 9, 272 - 277, (1960), b. FRIEDERICH, Parf. u. Kosm., (1961), 192
33.	FREYTAG, H.:	Beiträge zur Kenntnis des physikalischen und chemischen Verhaltens von Humanhaaren. I. Über Hygroskopizität, Trocknung und Säurebindungsvermögen, Parf. u. Kosm. 41, 403 - 408, (1960)

34. FREYTAG, H.: Zur Begriffsklärung in der Kosmetik, Parf. u. Kosm. 41, 313 - 321, (1960)

35. FRIEDERICH, H. C.: Zur morphogenetischen und funktionellen Analyse der Erkrankungen des Haarschaftes beim Menschen, Tübingen, med. Diss. (1955)

36. FRIEDERICH, H. C. und HALLA, F.: Schädigungen durch ungeeignete Kosmetik, Wien - Düsseldorf, Wilh. Maudrich-Verlag, (1953)

37. FRIEDERICH, H. C.: Physiologische Unterschiede und Reißfestigkeit menschlicher Haare, Parf. u. Kosm. 41, 323 - 327, (1960)

38. FRIEDERICH, H. C.: Ein Beitrag zur Schädigung des menschlichen Haares durch kalte Dauerwellung, Zs. Haut- u. Geschl.krht. 9, 191, (1950), b. KRAMER, E.: Parf. u. Kosm. 39, 94, (1958)

39. FRIEDERICH, H. C.: Trichonodosis, Parf. u. Kosm. 39, 438 - 445, (1958)

40. FRIEDERICH, H. C.: Mikroskopische und physikalische Veränderungen des Haarschaftes beim Menschen, Parf. u. Kosm. 40, 563 - 565, (1959)

41. FRIEDERICH, H. C.: Trichoptilosis, Trichorrhexis nodosa, Trichoclasie, Parf. u. Kosm. 39, 363 - 373, (1958)

42. FRIEDERICH, H. C.: s. HALLA, F. (49)

43. FRÖB, G.: Durch chemische Einwirkung entstehende Haarschäden und ihr Nachweis, SÖFW 77, 253 - 254, (1950)

44. v. zur GATHEN, R.: Friseur-Kabinett-Artikel, SÖFW 78, 561 - 563, (1952) und SÖFW 78, 583 - 585, 610 - 612, 635 - 636, und SÖFW 79, 13, (1953)

45. v. zur GATHEN, R.: Theorie und Praxis der Oxydationshaarfarben, SÖFW 77, 289 - 291, (1951)

46. GOHRBRANDT, E.: Über die Entwicklung der ästhetischen Medizin, Ärztl. Kosmetik 4, 76 - 80, (1956)

47. GOLDEMBERG, R. L.: Hair Coloring - Modern Formulation Considerations, J. Soc. Cosmetic Chemists 10, 291 - 306, (1959) b. Parf. u. Kosm. 41, 160 - 161, (1960)

48. GOTTRON: Beitrag zur Schädigung des Haares durch die Kaltwelle, Zs. f. Haut- u. Geschl. krht. Sept. 1951, b. SÖFW 78, 104, (1952)

49. HALLA, F. und FRIEDERICH, H. C.: Haarausfall, Ursachen und Bekämpfung, Wien - Düsseldorf, Wilh. Maudrich-Verlag, (1952)

50. HALLA, F.: s. FRIEDERICH (36)

51. HANSEL, H.: Die Haarverformung, SÖFW 80, 477 - 478, 501, (1954)

52. HASELMANN: b. FRIEDERICH (35)

53. HAUSMAN: b. FRIEDERICH (35)

54. HEILINGÖTTER, R.: Die Quellung und Erweichung von menschlichem Haar, SÖFW 80, 669 - 671, (1954)

55. HEILINGÖTTER, R.: Über die Oxydierbarkeit von Thioglykolsäure und deren Salzen in wässrigen Kaltwell-Lösungen, SÖFW 77, 449 - 450, (1950)

56. HEILINGÖTTER, R.: Ammonium- oder Monoäthanolaminthioglykolat, Parf. u. Kosm. 38, 204 - 208, (1957)

57. HEILINGÖTTER, R. und KOMAROMY, R.: Das System Amin-Thioglykolat-Ammoniak, Parf. u. Kosm. 38, 565, (1957)

58. HIRSCH, F.: Das Haar des Menschen in Gesundheit und Krankheit unter spezieller Berücksichtigung der Keratinchemie, Ulm/Donau, Karl F. Haug-Verlag, (1956)

59. HIRSCH, F.: Beitrag zur Aufklärung der Keratinstruktur, München, Diss. TH, (1952)

60. HIRSCH, F.: Die Struktur der Haare und ihre Umwandlung, Deutscher Friseurkalender, 160 - 174, (1961)

61. HIRSCH, F.: Neue Erkenntnisse der Haarforschung. Nr. 2 der Schriftenreihe des Schweizer. Coiffeurmeister-Verbandes, Bern, (1955)

62. HIRSCH, F.: Über die Struktur des Keratins, SÖFW 81, 143 - 144, (1955)

63. HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, (1955)

64. KADUS-WERK Ludwig Kegel KG: Ratgeber für moderne Haarpflege, Lenzkirch/Schwarzw.

65. KEIL, F.: Über mikroskopische Haaruntersuchungen (Vortrag auf d. Sitzung d. Ges. Deutscher Kosmetik-Chemiker in Hamburg 1960), Parf. u. Kosm. 41, 266 - 267, (1960)

66. KEIL, F.: Die Quellung des Haares in Kaltwell-Mitteln - Untersuchungen im polarisierten Licht, SÖFW 86, 600, (1960)

67. KNÖSS, C.: Fachkunde für das Friseurhandwerk, Stuttgart, Ernst Klett-Verlag, (1956)

68. KNÖSS, C.: Der Friseur, Gießen, Dr. Pfanneberg & Co., (1959)

69. LASSER, B. T.: Neues über die Untersuchung kosmetischer Fertigpräparate, SÖFW 86, 273 - 275, (1960)

70.	LOCHTE, T.:	Tafeln zur Haarkunde, Leipzig, Akadem. Verl. Ges. Geest & Portig KG, (1954)
71.	LOCHTE, T.:	b. FRIEDERICH (35)
72.	MANNECK, H.:	Kosmetische Präparate im Spiegel der Fachliteratur (Bd. II. Haarkosmetik), Garmisch-Partenkirchen, Moser-Verlag, (1955)
73.	MANNECK, H.:	Kosmetische Verfahren im Patentschrift-tum (Bd. II. Haarkosmetik), Garmisch-Partenkirchen, (1952)
74.	MARCHIONINI, A.:	b. BRAUCKHOFF (11)
75.	MARTI, M. E.:	s. EDMAN (24)
76.	NIEDERLÜCKE, E.:	Fachkunde für Friseure, Wiesbaden, Franz Steiner-Verlag GmbH, (1956)
77.	NOWAK, G. A.:	Kosmetik auf neuen Wegen, SÖFW 78, 235 - 242, (1952)
78.	OESTERLEN:	b. FRIEDERICH(35)
79.	PAULING, L.:	Moderne Strukturchemie (Nobel-Vortrag Dez. 1954), Angewandte Chemie 67, 241 - 244, (1955)
80.	PAULING, L. und COREY, R. B.:	Anatomic Coordinates And Structure Factors For Two Helical Configurations of Polypeptide Chains, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 37, 235 - 240, 241 - 250, (1951)
81.	PAULING, L. und COREY, R. B.:	The Structure of Hair, Muscle and Related Proteins, Proc. Nat. Acad. Sci, USA 37, 261 - 271, (1951)
82.	PAULING, L., COREY, R. B. und BRANSON, H. R.:	The Structure of Proteins: Two Hycrogen-Bonded Helical Configurations of the Polypeptide Chain, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 37, 205 - 211, (1951)

83. PAULING, L.: Chemie - eine Einführung (3. Aufl.), Weinheim, Verlag Chemie GmbH, (1960)

84. POLEMANN, G.: Ist die kalte Dauerwelle für das Haar schädlich und in welchen Zeitabschnitten darf sie frühestens wiederholt werden? Med. Welt 1951, Nr. 31/32; b. SÖFW 78, 198, (1952)

85. PREISINGER, S.: Haarfärben unter dem Mikroskop, Parf. u. Kosm. 39, 219 - 227, (1958)

86. PREISINGER, S. und DRÄGER, H.: Mikroskopische Beobachtungen von Färbevorgängen am menschlichen Haar, SÖFW 83, 301 - 304, (1957)

87. REICHES, A.J. und PARKER, W.: Alopecia-areata-ähnliche Krankheitsbilder durch ammonium-thioglykolathaltige Kaltwellpräparate, Arch. of Dermat. 66, 521 - 523, (1952), b. KRAMER: Parf. u. Kosm. 39, 94, (1958)

88. ROTHEMANN, K.: Das große Rezeptbuch der Haut- und Körperpflegemittel, Heidelberg, Dr. Alfred Hüthig-Verlag, (1956)

89. SABETAY, S.: Wahrheiten und Dichtung über Haarbehandlungen, Parf. u. Kosm. 41, 55 - 57, (1960)

90. SAVILL, A.: The Hair and the Scalp, b. HIRSCH (58)

91. SCHEIBNER, K.: Rhodamin B in der Haardiagnostik, Dermat. Wschr. 140, 1005, (1959), b. FRIEDERICH: Parf. u. Kosm. 40, 634, (1959)

92. SCHIMMEL BRIEFS: Fortschritte der Dauerwelle, Mai 1951, b. SÖFW 78, 197, (1952)

93. SCHIMMEL BRIEFS: Geruchlose Kaltwellpräparate, Okt. 1953, b. SÖFW 79, 654, (1953)

94. SCHMIDT, A. und LEHMBERG, H.: Fachkunde für Friseure und Friseurinnen, Bonn, Ferd. Dümmler-Verlag, (1956)

95. SCHNITZLER, A.: Die Bestimmung des Wirkungsgrades von Kaltwell-Lösungen, SÖFW 77, 143 - 145, (1951)

96. SCHNITZLER, A.: Ein Beitrag zur grundsätzlichen Beurteilung der kalten Dauerwelle, SÖFW 77, 229 - 230, 251 - 253, (1950)

97. SCHNITZLER, A.: Triäthanolaminsulfit in Dauerwellpräparaten, SÖFW 78, 9, (1952)

98. SCHÖNBERGER, A.: Gesunde Haare - glückliche Menschen, Regensburg - Wien, Decker-Verlag, (1953)

99. SCHWARZKOPF, H.: Haarkurenfibel, Hamburg

100. SCHWARZKOPF, H.: Wellfibel, Hamburg

101. SCHWARTZKOPF: Dauerwelle mit Monoäthanolamin, b. SÖFW 78, 14, (1952)

102. SCHWEISHEIMER, W.: Haarfärbemittel in Amerika, SÖFW 79, 553 - 554, (1953)

103. SCHWEISHEIMER, W.: Rückkehr zur Geschäftsdauerwelle, Parf. u. Kosm. 38, 621 - 622, (1957)

104. SIDI: b. FRIEDERICH und HALLA (36)

105. STAATSANZEIGER: Gesetze, Verordnungen, Entscheidungen: Präparate zur Herstellung von Kaltdauerwellen, Nr. 12, (1950)

106. STADELBAUER, F.: Alopecie nach Kaltwelle, Med. Klinik 48, 738 - 740, (1953), b. KRAMER: Parf. u. Kosm. 39, 95, (1958)

107. STEVENS, A. H.: Stabilisierung von Haarfarben, SÖFW 78, 14, (1952)

108. STOVES: b. FRIEDERICH (35)

109.	TADOKARA:	b. HIRSCH (58)
110.	THERACHEMIE:	Farbändernde Haarbehandlungsmittel zum Tönen, Färben und Blondieren, Düsseldorf
111.	VÖGLER, W.:	Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Thioglykolsäure unter Berücksichtigung ihrer Verwendung in der Haarkosmetik, SÖFW 77, 203 - 206, (1951)
112.	WALKER, G. T.:	Die Kaltwelle, SÖFW 82, 297 - 299, (1956) und SÖFW 82, 365 - 366, 390, (1956)
113.	WALKER, G. T.:	Die Thioglykolsäure und ihre Derivate 1. T., Parf. u. Kosm. 38, 69 - 72, (1957)
114.	WALLRAFF, J.:	Leitfaden der Histologie des Menschen, München - Berlin, Verlag Urban & Schwarzenberg, (1954)
115.	WEIGEL, K.:	Peroxyde in der Haarkosmetik, SÖFW 83, 133 - 135, (1957)
116.	WEIGEL, K.:	Vorschläge zur Verbesserung von Kaltwellpräparaten, SÖFW 84, 569 - 571, (1958)
117.	WEISS:	b. FRIEDERICH (35)
118.	WELLA:	Schule des Haarfärbens, Darmstadt
119.	WELLA:	Natürliche Wellen verraten Ihr Können, Darmstadt
120.	WILMSMANN, H.:	Vergleichende Betrachtungen zur Textil- und Haarfärbung, Parf. u. Kosm. 40, 443 - 450, (1959)

121. WILMSMANN, H.: Beziehungen zwischen der Molekulargröße aromatischer Verbindungen und ihrem Penetrationsvermögen für das menschliche Haar, Parf. u. Kosm. 42, 273, (1961)

122. WINTER, F.: Haarfarben und Haarfärbung, Wien, Springer-Verlag, (1930)

123. WITTENBERGER, W.: Die Chemie der Haarfarbstoffe, SÖFW 77, 314 - 315, (1951)

124. ZAHN, H.: Über den Feinbau einiger Proteine, Angewandte Chemie 64, 295 - 308, (1952)

125. ZAHN, H.: Brückenreaktionen an Aminosäuren und Faserproteinen, Ang. Chemie 67, 561 - 572, (1955)

126. Zahn, H.: b. HIRSCH (58)

127. Zahn, H.: b. FRIEDERICH (35)

128. ZÖTTL, H.: Chemie und Warenkunde für das Friseurhandwerk, Bayer. Schulbuch-Verlag, München, (1952)

129. ZÖTTL, H.: Kleine Fachkunde für Friseure, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, (1959)

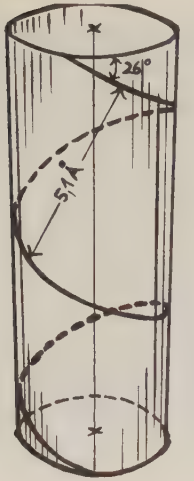


Abbildung 1

Schematische Darstellung der Schraubenkette mit 3,7 Aminosäure-Resten zur Veranschaulichung des Ursprunges des Meridianreflexes 5,15 Å des α-Keratin-Röntgenogrammes

(Abbildung aus PAULING, L., COREY, R. B. und BRANSON, H. R.: The Structure of Proteins: Two Hydrogen-Bonded Helical Configurations of the Polypeptide Chain, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 37, 205 - 211, (1951)).

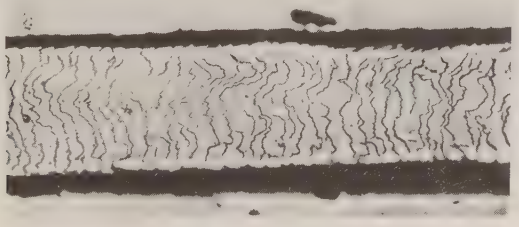
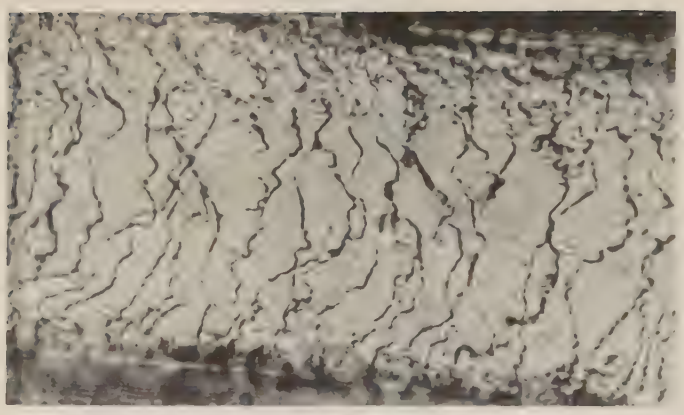


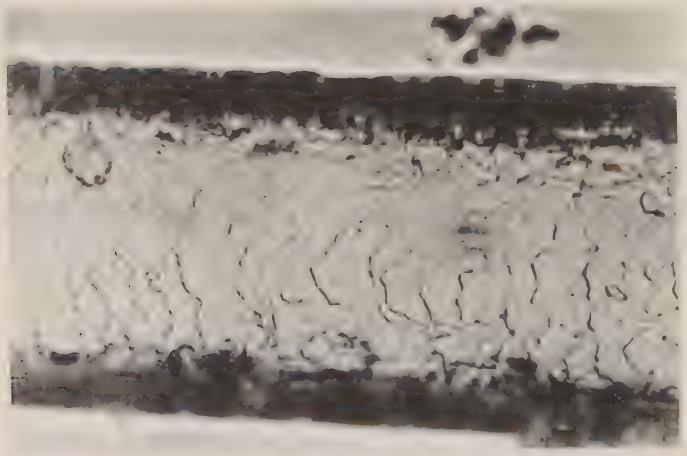
Abbildung 2

Abdruck eines blonden Haares vom Menschen nach der indirekten Methode der Cuticula-Darstellung von BEYERSDORFER, FRIEDERICH und RUTHER

(Abbildung aus FRIEDERICH, H. C.: Zur morphogenetischen und funktionellen Analyse der Erkrankungen des Haarschaftes beim Menschen, Tübingen 1955, Diss.)



Nach 1 Minute

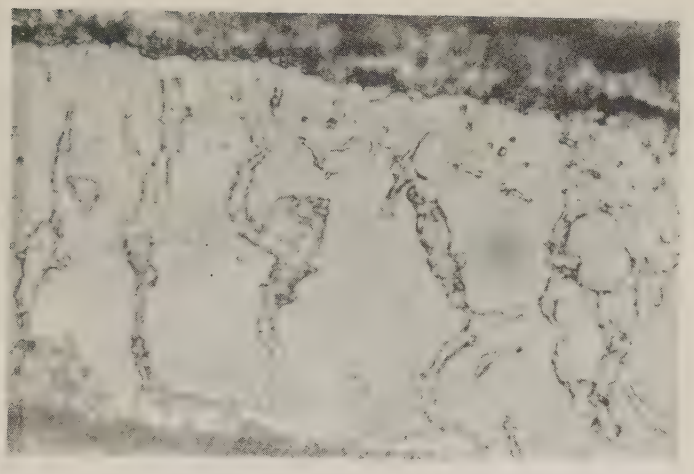


Nach 5 Minuten

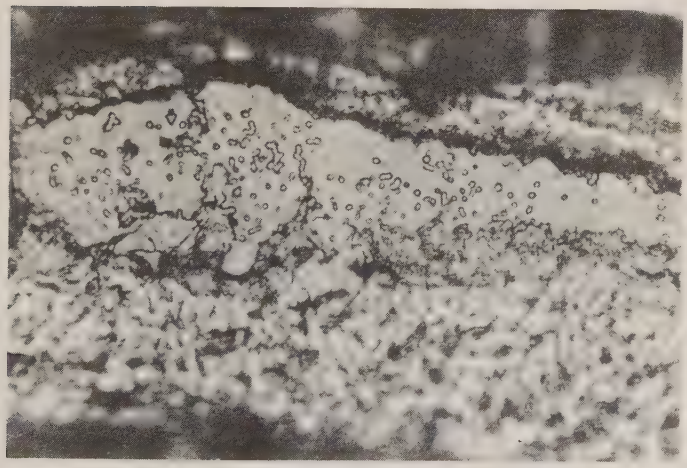
Abbildung 3a

Cuticulaveränderungen durch $\frac{n}{10}$ NaOH

(Abbildung aus FRIEDERICH, H. C.: Diss. Tübingen 1955)



Nach 10 Minuten



Nach 15 Minuten

Abbildung 3b

Cuticulaveränderungen durch $\frac{n}{10}$ NaOH

(Abbildung aus FRIEDERICH, H. C.: Diss. Tübingen 1955)

Abbildung 4

Haarknick als Folge unsachgemäßer Behandlung des Haares

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

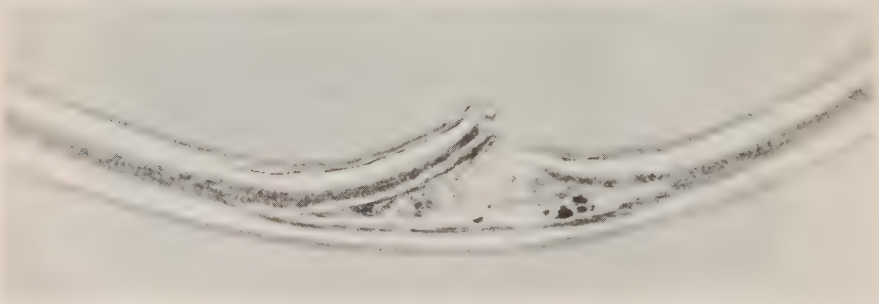


Abbildung 5

Aufgeplatztes Haaroberhäutchen

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

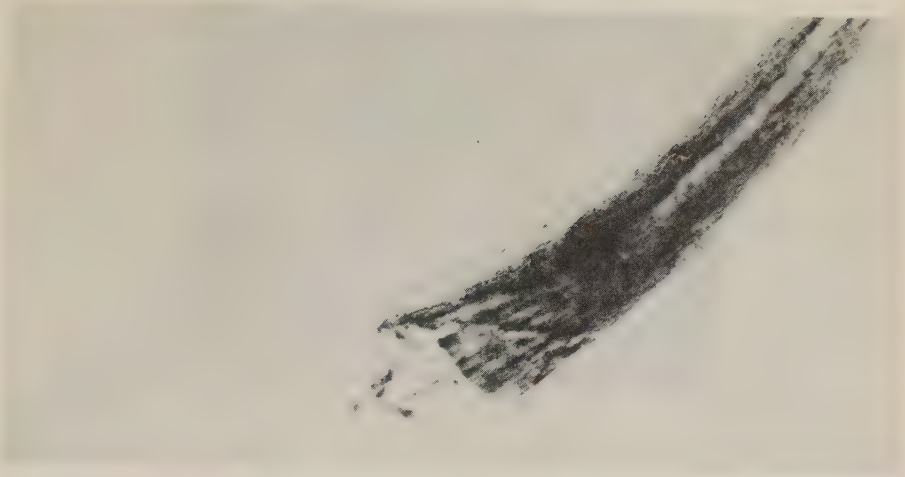


Abbildung 6

Bruchstumpf

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

Abbildung 7

Beschädigte Schuppenschicht verursacht durch überheizte Dauerwelle

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

Abbildung 8

Durch falsches Wickeln und Überheizen zerstörtes Haar

(Abbildung aus KNÖSS, C.: Der Friseur, Gießen, Dr. Pfanneberg & Co., 1959)

Abbildung 9

Gedrehte Haare

(Abbildung aus FRIEDERICH, H. C.: Diss. Tübingen 1955)

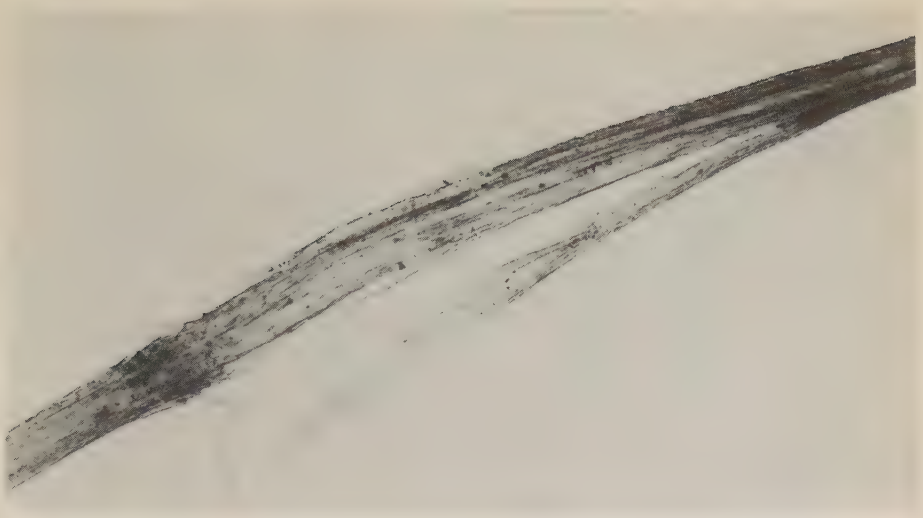


Abbildung 10

Trichoptilosis des Haarschaftes

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

Abbildung 11

Trichoptilosis der Haarspitze

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

Abbildung 12

Trichorrhexis nodosa (Haar kurz vor dem Bruch)

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

Abbildung 13

Trichorrhexis nodosa (pinselartiger Stumpf nach dem Abbrechen des Haares)

(Mikrophotographie vom Haus Schwarzkopf, Institut für Haarhygiene, Hamburg)

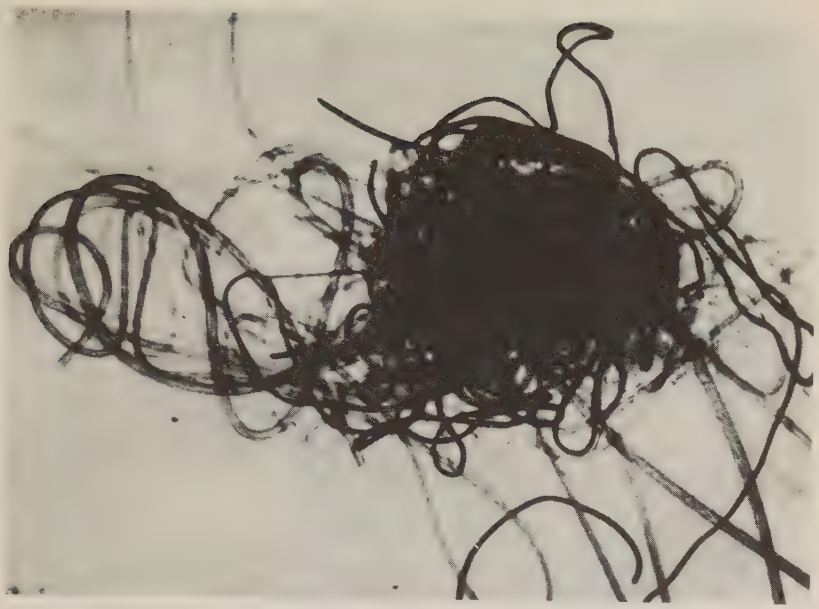


Abbildung 14

Trichonodosis circumscripta

(Abbildung aus FRIEDERICH, H. C.: Diss. Tübingen 1955)

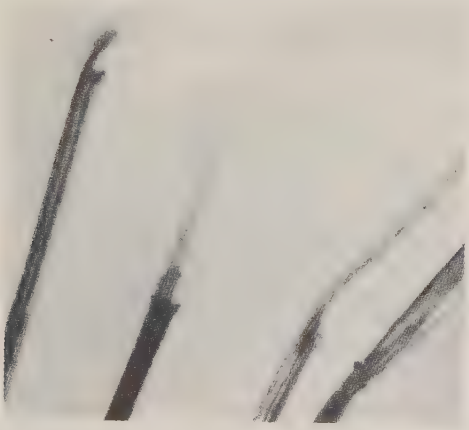


Abbildung 15

Stumpenhaare

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

Abbildung 16

Beginn der Wurzelspaltung durch übermäßige Alkalieneinwirkung

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

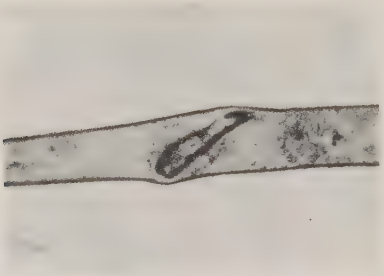


Abbildung 17

Aufgerissene Schuppenschicht durch zu streng sitzenden Gummiring verursacht

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

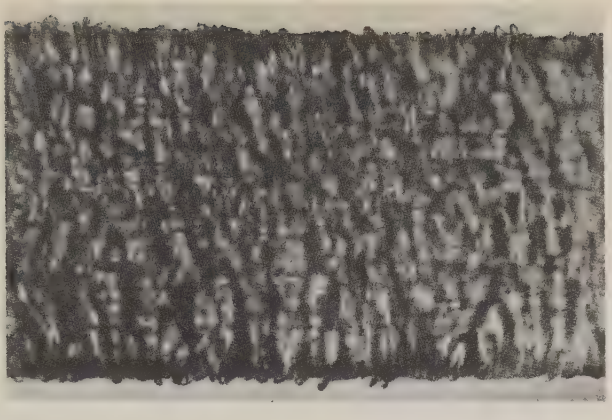


Abbildung 18

Durch starkes Alkali aufgequollenes Haar

(Abbildung aus KNÖSS, C.: Der Friseur, Gießen, Dr. Pfanneberg & Co., 1959)

Abbildung 19

Durch mangelhafte Fixation nicht mehr hergestellte Molekülkettenverbindung

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

Abbildung 20

Durch oberflächliche Fixiermethode zerstörte Faserschicht

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

Abbildung 21a
Trockenpräparat zweier Haarquerschnitte (liegend und stehend.)

Abbildung 21

Darstellung des Diffusions- und Quellvorganges vom Anfang einer Färbung von Menschenhaar

(Abbildung 21 - 23 aus PREISINGER, S. und DRÄGER, H.: Mikroskopische Beobachtungen von Färbevorgängen am menschlichen Haar, SÖFW 83, 301 - 304, 1957)

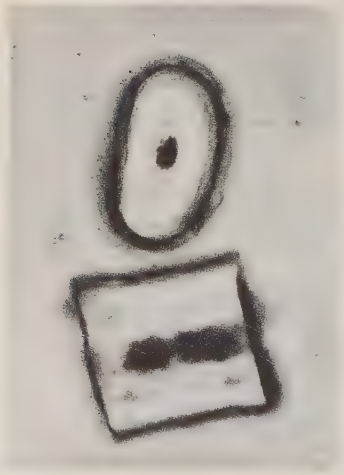


Abbildung 21b

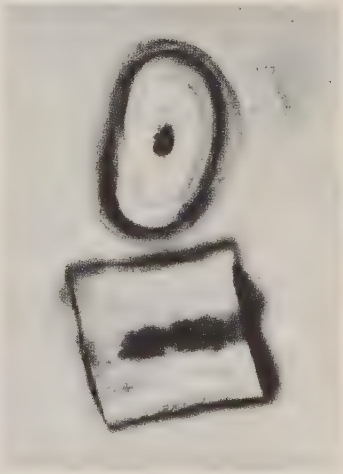


Abbildung 21c

Fortschreitende Diffusion und Quellung der Querschnitte. Deutlich sichtbare Diffusionsfront.

Abbildung 22a

Trockenpräparate zweier Haarquerschnitte (liegend und stehend) vor Zugabe der Farbflotte.

Abbildung 22b

Nach Eintritt der Farbflotte (Diffusion des Lösungsmittels deutlich sichtbar).

Abbildung 22c

Diffusionsvorgang des Lösungsmittels fast beendet.

Abbildung 22d

Erste Anfärbung der Querschnitte nach 5 Minuten Einwirkungszeit der Farbflotte.

Abbildung 22e

Stand der Färbung nach 10 Minuten Einwirkungszeit.

Abbildung 22f

Stand der Färbung nach 20 Minuten Einwirkungszeit.

Abbildung 22

Darstellung des Färbevorganges am Menschenhaar mit einer Oxydationsfarbe

(Abbildung aus PREISINGER, S. und DRÄGER, H.)

Ein ähnlicher Färbevorgang wie nebenstehend an einem einzelnen stehenden Querschnitt. Der Diffusionsvorgang wird in der Phasenkontrastaufnahme (c) besonders gut sichtbar. Abbildungsmaßstab 360 : 1

Abbildung 23a

Trockenpräparat.

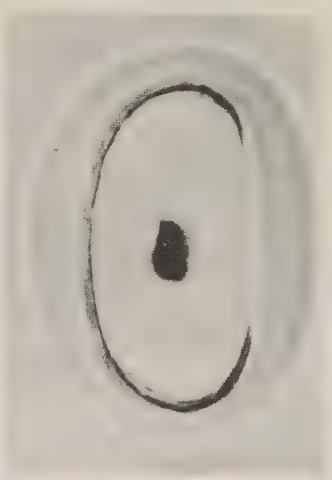


Abbildung 23b

Unmittelbar nach Zugabe der Farbflotte.

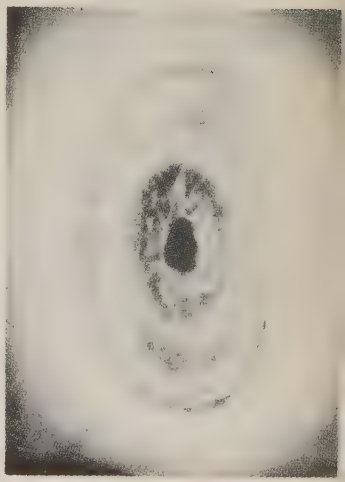


Abbildung 23c

Fortgeschrittene Diffusion des Lösungsmittels.

Abbildung 23d

Beginn der Färbung

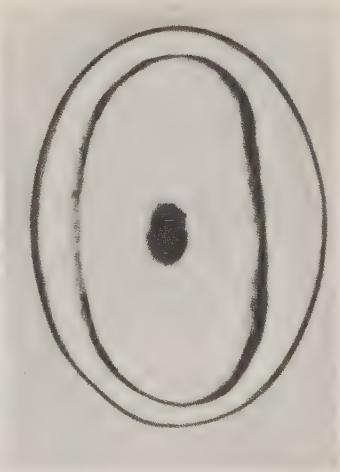


Abbildung 23e

Nach 5 Min. Färbezeit.

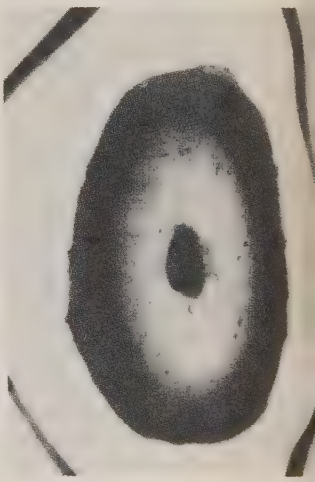


Abbildung 23f

Ende der Färbung nach 30 Min.

Abbildung 23

Diffusions- und Färbevorgang am menschlichen Haar (Abbildung aus PREISINGER, S. und DRÄGER, H.)

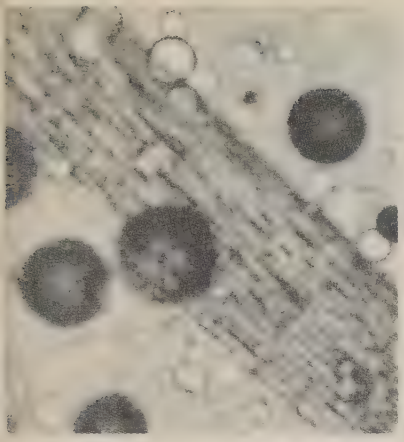


Abbildung 24a

Abbildung 24b

Längsschnitt desselben Haares nach 20 Min. Wirkung: Stark aufgehellte Faserschicht. Vergr. 325.

Abbildung 24c

Längsschnitt desselben Haares Pfeil deutet auf Pigmentkorn. Vergr. 325.

Abbildung 24d

Derselbe Längsschnitt nach 20 Min. Wirkung. Vergr. 325.

Abbildung 24

Längsschnitt eines dunkelbraunen Frauenhaares, in Blondiercreme-Präparat

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

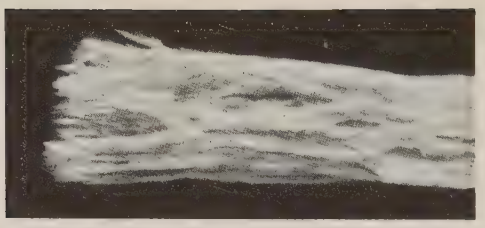


Abbildung 25

Spitze eines durch zu starke Blondierung zerstörten Haares

(Abbildung aus KNÖSS, C.: Der Friseur, Gießen, Dr. Pfanneberg & Co., 1959)

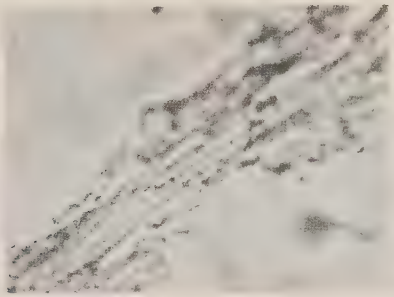


Abbildung 26

Durch Selbstbehandlung zerstörte Haarsubstanz

(Abbildung aus HÖPFL, A.: Das Haar im mikroskopischen Bild, München, Bayer. Schulbuch-Verlag, 1955)

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Dr. S. Borelli für die freundliche Überlassung des Themas und den jederzeit gewährten Rat.

LEBENSLAUF

Als Tochter des Ob. Reg. Rates Karl Troebs und seiner Frau Margarete, geb. Schmid, wurde ich am 28. 6. 1936 in Bremerhaven geboren. Die ersten 5 Lebensjahre verbrachte ich in Berlin. Nach dem Tode meines Vaters, der 1941 in Russland gefallen ist, kehrte meine Mutter mit meinen beiden Schwestern und mir in ihre Heimatstadt Straubing zurück. Nach dem Besuch der Volksschule trat ich 1946 in die Oberrealschule der Ursulinen ein. 1954 legte ich an dieser Schule die Reifeprüfung ab. Im darauffolgenden Herbst immatrikulierte ich mich an der Universität München für das Studium der Medizin. 1957 legte ich die Ärztliche Vorprüfung ab, und im Winter 1960/61 schloß ich mein Studium mit der Ärztlichen Prüfung ab. Im Anschluß daran begann ich mit der Abfassung meiner Doktorarbeit.